Aus dem Zentrum der Chirurgie
der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main
Abteilung für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie
(Leiter: Professor Dr. med. P. Satter)

EINFLUSS DER AORTOKORONAREN BYPASSOPERATION AUF DIE LINKSVENTRIKULÄRE FUNKTION IN RUHE BEI PATIENTEN MIT ERHEBLICH EINGESCHRÄNKTER AUSWURFFRAKTION.

Beziehung zwischen Ausmaß der präoperativen Ischämie und Operationserfolg

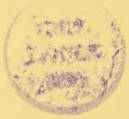
INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin
des Fachbereichs Humanmedizin
der Johann Wolfgang Goethe-Universität
Frankfurt am Main

vorgelegt von

ERICH MÜTZEL
aus Sailauf bei Aschaffenburg

Frankfurt am Main 1984



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41523703_0004

Aus dem Zentrum der Chirurgie
der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main
Abteilung für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie
(Leiter: Professor Dr. med. P. Satter)

Einfluß der aortokoronaren Bypassoperation auf die linksventrikuläre Funktion in Ruhe bei Patienten mit erheblich eingeschränkter Auswurffraktion. Beziehung zwischen Ausmaß der präoperativen Ischämie und Operationserfolg

INAUGURAL - DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin
des Fachbereichs Humanmedizin
der Johann Wolfgang Goethe-Universität
Frankfurt am Main

vorgelegt von
Erich Mützel
aus Sailauf bei Aschaffenburg

Frankfurt am Main 1984

Dekan:	Prof. Dr. med. H.J. Müller
Referent:	Prof. Dr. med. P. Satter
Korreferent:	Prof. Dr. med. G. Hör

Tag der mündlichen Prüfung: 02 11 1984

Meinem unvergessenen Vater gewidmet

Ich danke Herrn Professor Dr. med. P. Satter für die Überlassung des Themas.

Ferner möchte ich an dieser Stelle den Herren
Dr. med. N. Reifart und Dr. med. F. D. Maul
besonders herzlich Dank sagen für die immer gern gewährte Hilfe und Unterstützung während der Durchführung der Arbeit.

Des weiteren möchte ich folgenden Personen für ihre tatkräftige Mithilfe bei der Erstellung, Durchführung und Fertigung der Arbeit danken: Frau Jung, Frau Jung-Ok, Frau Kreuzer, Frau Lorenz, Herrn Dr. med. Munz, Frau Neugebauer, Frau Osterloh, Frau Schleimer, Frau Spanheimer, Frau Weiland, dem gesamten "Herzkatheter-Team" und allen Mitarbeitern der Station A 6.

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

		Seite
1.	Abstract	1
2.	Einleitung	3
3.	Patienten und Methode	6
3. 1.	Patienten	6
3. 2.	Untersuchungsprotokoll	8
3. 3.	Methoden	8
3. 3.1.	Cineangiographie	8
3. 3.2.	Koronararteriographie	9
3. 3.3.	2D-Echokardiographie	9
3. 3.4.	^{99m}-Technetium Äquilibrium - Radionuklid-ventrikulographie	10
3. 3.5.	^{201}-Thallium-Myokardszintigraphie	11
3. 4.	Statistische Auswertungsmethoden	14
4.	Ergebnisse	14
4. 1.	Lävokardiographie	14
4. 2.	Selektive Koronararteriographie und Bypass-darstellung	17
4. 3.	Beschwerdebild	21
4. 4.	Elektrokardiogramm	22
4. 5.	2D-Echokardiographie	23

Seite

4. 6. ^{99m}Technetium Äquilibrium - Radionuklid-ventrikulographie 24

4. 7. ^{201}Thallium-Myokardszintigramm 25

4. 8. Angiokardiographie 29

4. 9. Fallbeispiele 30

4. 9.1. Patient F.A. (Gruppe II) 30

4. 9.2. Patient A.S. (Gruppe I) 32

4.10. Korrelationen 34

5. Diskussion 39

6. Schlußfolgerung 45

7. Zusammenfassung 46

8. Anhang - Tabellen 49

9. Literaturverzeichnis 57

1. ABSTRACT

MÜTZEL, ERICH

EINFLUSS DER AORTOKORONAREN BYPASSOPERATION AUF DIE LINKS-VENTRIKULÄRE FUNKTION IN RUHE BEI PATIENTEN MIT ERHEBLICH EINGESCHRÄNKTER AUSWURFFRAKTION. BEZIEHUNG ZWISCHEN AUSMASS DER PRÄOPERATIVEN ISCHÄMIE UND OPERATIONSERFOLG

Bei Patienten (p) mit koronarer Herzkrankheit (KHK) und stark eingeschränkter linksventrikulärer Auswurffraktion (EF) wird wegen eines erhöhten perioperativen Risikos bei der Indikation zur Revaskularisierung Zurückhaltung geübt. In einigen Fällen wird jedoch eine eindrucksvolle Steigerung der linksventrikulären Funktion in Ruhe beobachtet, was insbesondere für die Langzeitprognose von Bedeutung ist.

Die folgende Untersuchung sollte Aufschluß darüber geben, welche dieser p von einer aortokoronaren Bypass-Operation am meisten profitieren.

Es wurden 18 konsekutive p mit schwerer Angina pectoris und einer EF unter 46 % präoperativ und 6 Monate postoperativ mittels Cineangiographie (CA) (n=18), 2-dimensionaler Echokardiographie (2DE) (n=18), ^{99m}-Technetium-Äquilibrium-Radionuklidventrikulographie (RNV) (n=13) und ^{201}-Thallium-Myokardszintigraphie (MSZ) (n=13) in Ruhe untersucht.

Bei 9 p wurde postoperativ eine deutliche Steigerung der CA-EF beobachtet (von 31,3 +-13,6 %) auf 49,4 +-13,6 % ($p < 0,001$), bei den übrigen p (Gruppe II) blieb die EF nahezu unverändert (38,0 +- 7,1 % gegenüber 33,6 +- 10,2 % (n.s.). RNV und 2DE führten zu

ähnlichen Resultaten.

Mittels MSZ wurden in Gruppe I präoperativ von 27 Sektoren 10,0 +-2,3 Sektoren mit Ruhe-Ischämie (SRI) verifiziert - sie nahmen 6 Monate postoperativ auf 3,1 +- 3,7 ($p < 0,01$) ab. In Gruppe II betrug die Anzahl der SRI präoperativ 2,5 +- 3,3 und postoperativ 6,0 +- 3,6 (n.s.). Bis auf eine Ausnahme kam es bei allen p mit präoperativ 7 und mehr SRI zu einer Besserung der postoperativen linksventrikulären Funktion in Ruhe.

Mittels MSZ scheint es möglich, die Patienten mit schwerer ischämischer Myokardschädigung zu identifizieren, die von einer Revaskularisierung am meisten profitieren.

2. EINLEITUNG

Die Ansichten, ob Patienten mit einer stark eingeschränkten linksventrikulären Funktion einer aortokoronaren Bypass-Operation zugeführt werden sollen, sind kontrovers (16,27,30,35,46,61,62, 76,77). Zurückhaltung wird zum einen, wegen des von manchen Untersuchern beschriebenen hohen Operationsrisikos, und zum anderen, wegen einer nicht regelhaft zu erwartenden funktionellen Besserung geübt. Dem gegenüber liegen jedoch auch insbesondere aus jüngerer Zeit Berichte vor, in denen die Operationsmortalität als gering und zudem die Lebensqualität und Langzeitprognose als erheblich gebessert angesehen wird (14,27, 40,70,73).

Während die Mehrzahl der Untersucher über eine bedeutsame Besserung der linksventrikulären Belastungsfunktion nach aortokoronarer Bypass-Operation berichten (2,9,19,25,26,36,41,47,68) wird normalerweise keine Steigerung der globalen Auswurffraktion unter Ruhe-Bedingungen beobachtet (2,9,12,17,19,22,23,25,36,38,41,43, 45,47,68,75,76). Diese Untersuchungen wurden sowohl mit Angiokardiographie, 2-dimensionaler Echokardiographie als auch mittels Radionuklidventrikulographie durchgeführt. Zumeist handelte es sich dabei um Patienten mit nahezu normaler Auswurffraktion.

In einigen Fällen läßt sich mittels Nitroglycerin-Angiokardiographie oder der Beurteilung eines während Ventrikulographie ausgelösten post extrasystolischen Schlages erkennen, ob Ventrikelasynergien nach erfolgreicher Revaskularisation wieder normokinetisch werden (3,13,24,44,63,71). Auch mittels ^{201}-Thallium-Myokardszintigraphie lassen sich reversible Asynergien als persistierende Defekte (in Ruhe) identifizieren (5,6,21,48,53,57,59). Das ^{201}-Thallium-Myokardszintigramm scheint dabei der Beurteilung des postextrasystolischen Schlages oder der Nitroglycerin-Angiographie überlegen zu sein (33).

Anhand einer retrospektiven Untersuchung bei Patienten mit schwerer Angina pectoris und einer Auswurffraktion im Angiokardiogramm unter 50% konnte an unserer Klinik dokumentiert werden, daß sich auch die kardiale Funktion in Ruhe bei einem Großteil dieser Patienten beträchtlich bessern kann (39). Dies wird bestätigt durch die kürzlich von Thormann veröffentlichte Arbeit, in der, bei Patienten mit eingeschränkter Ventrikelfunktion, zwar in der Gesamtgruppe keine Besserung der Auswurffraktion in Ruhe gesehen wurde, interessanterweise jedoch in Einzelfällen, insbesondere bei Patienten mit einer präoperativen Auswurffraktion unter 50%, nach Revaskularisation eine Steigerung erfolgte (70). Vergleichbare Ergebnisse können den Mitteilungen von Chatterjee, Hellmann, Roberts, Iskandrian, Taylor und van Swieten entnommen werden (11,26,33,54,68,72). Bislang kann nicht mit Sicherheit vorausgesehen werden, welche dieser Patienten mit stark eingeschränkter Ventrikelfunktion postoperativ eine Zunahme der Herzauswurffraktion in Ruhe erfahren werden.

Ziel der folgenden Untersuchung war es bei Patienten mit instabiler Angina pectoris und stark erniedrigter Auswurffraktion im Angiogramm präoperativ mittels ^{201}-Thallium Myokardszintigraphie Areale mit chronischer Ischämie zu identifizieren und von Infarktarealen zu differenzieren. Mittels Angiographie sollte geprüft werden, ob durch die Bypass-Operation eine Steigerung der Ventrikelfunktion in Ruhe eintritt. Weiterhin sollte anhand der 2-dimensionalen Echokardiographie und der Radionuklidventrikulographie dokumentiert werden, ob sich Unterschiede zwischen früh- (1 Monat) und spät-postoperativer (6 Monate) Ventrikelfunktion ergeben.

3. PATIENTEN UND METHODE

3.1. Patienten

Bei dem prospektiv-konsekutiv untersuchten Kollektiv handelte es sich um 18 Patienten (P) mit koronarer Herzkrankheit (KHK) und stark eingeschränkter globaler Ventrikelfunktion, die sich zwischen Dezember 1981 und August 1982 einer aortokoronaren Bypassoperation unterzogen.

Die angiographisch bestimmte Auswurffraktion (EF) war in allen Fällen unter 46 % und betrug im Mittel 34,7 +- 11,1 %. Alle Patienten litten unter Angina pectoris in Ruhe (Stadium IV, New York Heart Association - NYHA) und waren nicht belastbar.

Bei allen Patienten war eine fortgeschrittene Mehrgefäßerkrankung, im Mittel 3,4 Gefäße mit Stenose < 70 %, zu verzeichnen, und in allen Fällen war zumindest ein Infarkt vorausgegangen. Das Alter der Patienten betrug zum Zeitpunkt der Operation 54,1 +-7,7 Jahre, wobei 17 Patienten männlichen und 1 Patient weiblichen Geschlechts waren.

Tabelle 1

Patientendaten präoperativ

Ptnr.	Name	Alter	Geschl.	Gefäßbefall	EKG	Angio EF%
1.	J.L.	60,8	m	RCA,Ria,Rd,Rpls,Rms	HWI	45
2.	R.E.	50,5	m	RCA,Ria,Rpls,Rms	VWI,HWI	43
3.	F.A.	57,8	m	RCA,Ria	VWI,HWI	26
4.	R.R.	56,3	m	RCA,Ria,Rcx	VWI,HWI	44
5.	M.W.	53,5	m	RCA,Ria,Rcx	VWI,HWI	45
6.	A.S.	57,9	m	Ria,Rcx	VWI,HWI	40
7.	W.W.	55,7	m	RCA,Ria,Rpls,Rms	VWI,HWI	34
8.	T.F.	59,9	m	RCA,Ria,Rms	VWI	40
9.	E.D.	44,3	m	RCA,Ria,Rpls	VWI,HWI	28
10.	E.P.	46,3	m	RCA,Ria,Rd,Rpls	VWI,HWI	13
11.	H.S.	59,9	w	RCA,Ria,Rd,Rcx	VWI,HWI	27
12.	D.K.	40,5	m	RCA,Ria,Rpls	VWI,HWI	31
13.	G.L.	53,8	m	RCA,Ria,Rcx	VWI,HWI	45
14.	J.D.	70,8	m	RCA,Ria,Rpls,Rms	VWI,HWI	45
15.	T.R.	39,4	m	RCA,Ria,Rd	VWI,HWI	40
16.	J.K.	55,4	m	RCA,Ria,Rd,Rpls,Ravs	VWI,HWI	8
17.	W.G.	53,2	m	RCA,Ria,Rd,Rcx	HWI	40
18.	G.H.	58,1	m	RCA, Ria,Rpls	VWI,HWI	30

Abkürzungen:

m=männlich; w=weiblich; RCA=Arteria coronaria dextra, Ria=Ramus interventricularis anterior, Rd=Ramus diagonalis; Rcx=Ramus circumflexus, Rpls=Ramus posterolateralis sinister; Rms=Ramus marginalis sinister, Ravs=Ramus atrioventricularis sinister; VWI=Vorderwandinfarkt, HWI= Hinterwandinfarkt, EF=Auswurffraktion

3.2. Untersuchungsprotokoll:

Präoperativ, 1 und 6 Monate postoperativ wurde eine ^{201}-Thallium-Myokardszintigraphie (MSZ; n=13), eine ^{99m}-Technetium-Radionuklidventrikulographie (RNV; n=13) und ein zweidimensionales Echokardiogramm (2DE; n=18) durchgeführt.

Eine Koronarangiographie und Ventrikulographie erfolgte bei allen Patienten vor und 6 Monate nach der Operation.

Alle Untersuchungen wurden unter Ruhebedingungen vorgenommen. Ferner wurden bei allen Patienten antiischämische herzwirksame Medikamente rechtzeitig vor den Untersuchungsterminen abgesetzt.

3.3. Methoden

3.3.1. Cineangiographie

Es wurden biplane linksventrikuläre Angiogramme in 60° LAO-Projektion und 30° RAO-Projektion während Endinspirationstellung aufgenommen. Als Bildträger diente eine Filmkassette mit einer Geschwindigkeit von 50 Bildern/sec. Der Vergrößerungsfaktor wurde durch das Verschieben der Katheterspitze um 7 cm festgehalten. Die End-Diastole wurde als größte, die End-Systole als kleinste Ausdehnung der Herzsilhouette definiert.

Die Auswertung des Lävokardiogramms in RAO-Position erfolgte rechnergestützt nach der Simpson-Formel (Cardio 80; Firma Kontron). Hierbei wurden globale Auswurffraktion (EF), regionale Auswurffraktion in 5 Segmenten (EFS1-EFS5), enddiastolisches Volumen (EDV), endsystolisches Volumen (ESV) und das Schlagvolumen (SV) bestimmt.

3.3.2. Koronararteriographie

Eine selektive Koronar- und Bypasscineangiographie erfolgte entweder mittels Sones- oder Judkins-Technik in mehreren Ebenen. Das Ausmaß einer Stenose wurde von 2 erfahrenen Kardiologen unabhängig von einander geschätzt.

3.3.3. 2D-Echokardiographie

Es wurde ein elektronischer 85° Phased-Array-Scanner (Diasonics V-3400 R) mit einem 3,5 MHZ-Transducer für die Aufzeichnung des linken Ventrikels von apikal verwendet.

Zur Aufzeichnung der Ventrikulogramme diente ein Panasonic-Video-Cassettenrecorder. Die Anlotung der Ventrikel erfolgte von apikal im "4-Kammerblick" (Hemiaxial-Äquivalent) und im "2-Kammerblick" (RAO-Äquivalent). Als Enddiastole wurde der Beginn der Q-Zacke, als Endsystole die Phase der T-Welle des gleichzeitig registrierten EKGs angenommen, die mit dem Aortenklappenschluß übereinstimmte.

Zur Auswertung der Echoventrikulogramme diente hier analog der Cardio 80. Es wurden durch Nachfahren des Endokards in Systole und Diastole mittels Lichtgriffel die gleichen Parameter (globale EF, segmentale EF, EDV, ESV, SV) ermittelt.

3.3.4. Äquilibrium-Radionuklidventrikulographie mit ^{99m}-Technetium (RNV)

Zur Erythrozytenmarkierung erhielten die Patienten etwa 20 min nach Verabreichung von 1 mg SnII CL (Techne Scan PYP, Byk-Mallinckrodt) 20 mCi ^{99m}-Technetium intravenös injiziert. Nach Äquilibrierung des Radioindikators im Blutpool wurde mit Hilfe einer Kleinfeld-Gamma-Kamera (Picker 4/11) und eines hoch sensitiven Parallel-Loch-Kollimators der on-line an einen Rechner (Informatek Simis III) angeschlossen war, mit der EKG-getriggerten Aquisition begonnen. Die Untersuchung der Patienten erfolgte in Rückenlage. Der Kopf der Gamma-Kamera wurde in einer modifizierten LAO-Position mit geringem caudalen "Tilt" eingestellt,wobei auf eine bestmögliche Trennung des linken vom rechten Ventrikel geachtet wurde. (LAO 30° - LAO 45°). Die Daten wurden in EKG-getriggerter synchroner Bilderfolge auf eine Platte aufgezeichnet, wobei der durchschnittliche Herzzyklus in 64 Einzelbilder aufgeteilt ist. Es wurde mit einer Matrix von 32 x 32 Pixel gearbeitet. Die Aufnahmezeit (Aquisitionszeit) betrug 300 sec. Von der Zeit-Aktivitätskurve innerhalb einer linksventrikulären "region of interest" (ROI) konnten die folgenden quantitativen Parameter der LV-Funktion abgeleitet werden: globale Auswurffraktion (EF), EDV, ESV, SV. Die Auswertung erfolgte mit dem vollautomatischen Computerprogramm nach Standke (65).

3.3.5. ^{201}-Thallium-Myokardszintigraphie (MSZ)

Die intravenöse Injektion von 2,0 mCi ^{201}-Thallium geschah unter Ruhebedingungen. Zwischen 5-10 min nach i.v. Injektion wurde mit der ersten Aufnahmeserie begonnen. Parallel sind Analogaufnahmen auf Röntgenfilme angefertigt worden. Die Zeit pro Aufnahme betrug 6 Minuten. Sie wurden in anterioren, links vorderer schräger (LAO 45°), und links lateraler (LAO 80°) Sicht mittels einer Kleinfeld-Gamma-Kamera (Picker 4/11) durchgeführt, die on-line an einen nuklearmedizinischen Computer (Informatek Simis III) angeschlossen war. Zwischen 3-4 Stunden p.i. erfolgten Spätaufnahmen in den vorgenannten Ansichten mit der gleichen Aufnahmezeit. Die Auswertung erfolgte durch ein halbautomatisches Computerprogramm (64,66) wobei der Untersucher die "region of interest" (ROI) selbst festlegte. Hierbei wird das Myokard in den einzelnen Sichten in je 9 Sektoren unterteilt. Durch den Vergleich der Früh- und Spätaufnahmen wurde in den jeweils 9 Sektoren die primäre ^{201}-Thalliumaufnahme (Vitalitätsindex nach Standke und Hör) und die Redistribution quantitativ bestimmt. Im Frühszintigramm wird für jeden Sektor ein Vitalitätsindex (VI) berechnet, der die relative ^{201}-Thalliumaufnahme des entsprechenden Sektors beschreibt. Der Vitalitätsindex wurde definiert als das Verhältnis des Zählrateninhalts (^{201}-Thalliumaufnahme) (C) im jeweiligen Myokardsektor und dem Sektor mit dem maximalen Zählrateninhalt (Cm) im Frühszintigramm (64).

$$VI = \frac{C}{Cm} \cdot 100\ \%$$

Es liegt vitales Myokard vor, wenn der Vitalitätsindex größer als ein Schwelle ist. Als Schwelle wählten wir 80%. Dieser Wert basiert auf experimentellen und klinischen Untersuchungen, die eine physiologische Variation der myokardialen ^{201}-Thallium-Verteilung von bis zu 20 % annehmen lassen (15,29).

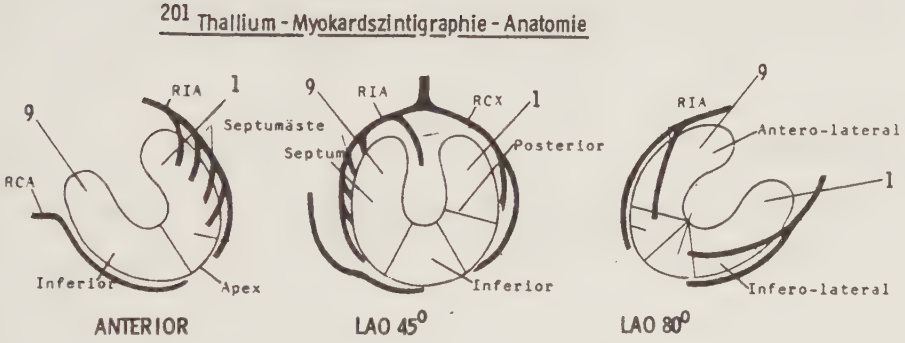
Die infolge der dynamischen ^{201}-Thallium-Verteilung notwendige washout-Korrektur geht vom Verhalten des vitalen Myokards aus.

Die sektorale Ruheredistribution wird, nach Korrektur des ^{201}-Thalliumauswasches zwischen Früh- und Spätaufnahme, als der Prozentsatz am Vitalitätsindex bestimmt, der im Spätszintigramm hinzukommt. Zur Quantifizierung der den Schweregrad einer Ruheischämie beschreibenden Ruheredistribution wird die bereits erwähnte digitale computerstützte Szintigrammauswertung benutzt, die eine neunfach sektorale Analyse liefert (64).

Als Sektor mit Ruheischämie wurde der Sektor definiert, bei dem im Spätszintigramm eine Ruheredistribution 10% zu verzeichnen war, d.h. in diesem Sektor fand sich im Spätszintigramm eine Zunahme an Vitalitätsindex (^{201}-Thalliumaufnahme) um mehr als 10% verglichen mit der ^{201}-Thalliumaufnahme im Frühszintigramm des gleichen Sektors.

Sektoren mit Vitalitätsindizes unterhalb 80 % ohne Redistribution lassen auf weitgehend vernarbte Gewebeanteile schließen, eine unvollständige Redistribution auf teils vernarbtes, teils ischämisches Myokard und Sektoren mit vollständiger Redistribution auf rein ischämisches Myokard (66). Die Anzahl der Sektoren mit Ruheischämie (SRI) spiegeln die Ausdehnung der Mangeldurchblutung wieder.

Abb.1 Anatomie des 201-Thallium-Myokardszintigramms



RIA R. interventrikularis ant. RCX R. circumflexus sinister
RCA Arteria coronaria dextra

Zuordnung der Sektoren zu den einzelnen Myokardregionen

Anterior		LAO 45°		LAO 80°	
Sektor:	Myokardregion	Sektor:	Myokardregion	Sektor:	Myokardregion
2,3,4	anterolateral	2,3	posterolateral	1,2	posterior
5,6	apical	4,5	apical	3,4	inferior
7,8	diaphragmal	6,7,8	septal	5,6	apicoinferior
9,1	posterobasal	9,1	anterobasal	7,8,9	anterior

3.4. Statistische Auswertemethoden

Angegeben wurden jeweils der Mittelwert (MW) und die Standardabweichung (SD). Zur Anwendung kam der Students-t-Test für paarigen Wertevergleich. Als signifikant wurde $p < 0,05$ betrachtet.

4. ERGEBNISSE

Eine Zusammenstellung der Daten ist Tabelle 1 - 17 und Abbildung 2 - 15 zu entnehmen.

4.1. Lävokardiographie

Auf Grund der ventrikulographischen Ergebnisse wurde eine Unterteilung in zwei Gruppen vorgenommen:

In Gruppe I (n=9) kam es postoperativ zu einem Anstieg der EF um mehr als 12 % von 31,3 +- 13,6 % auf 49,4 +- 13,6 % ($p < 0,001$).

Gruppe II (n=9) bestand aus Patienten die keine Zunahme der EF um mehr als 12 % aufwiesen. Hier fand sich im Mittel sogar eine leichte Reduktion der EF von 38,0 +- 7,1 % auf 33,6 +- 10,2 % (n.s.) (Abb. 2,Tab. 2).

Abb. 2 Lävokardiographie prä- und postoperativ - Auswurffraktion (EF) in %

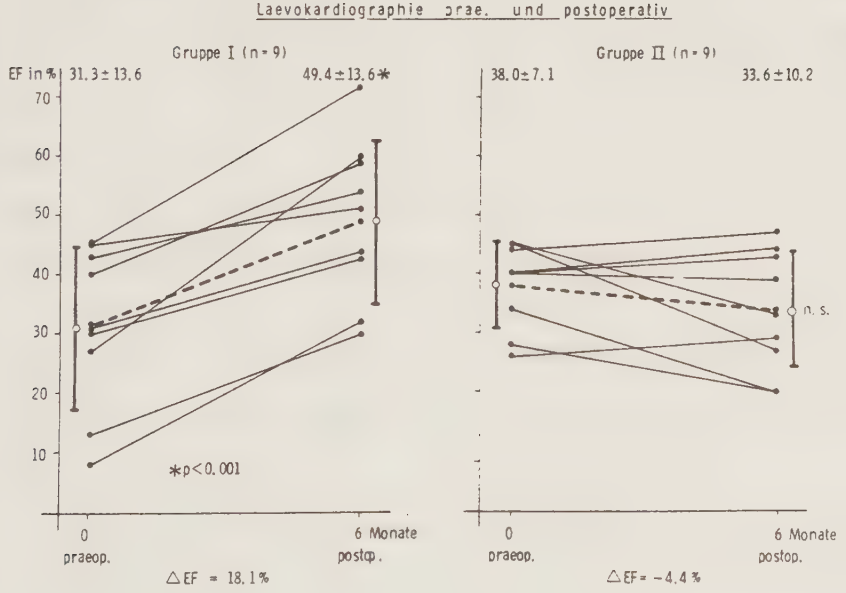


Tabelle 2

Angio EF prä- und postoperativ

Gruppe I			Gruppe II		
Patient	EF % präop.	EF % 6 M.postop.	Patient	EF % präop.	EF % 6 M.post.
R.E.	43	54	J.L.	45	27
A.S.	40	59	F.A.	26	29
E.P.	13	30	R.R.	44	47
H.S.	27	60	M.W.	45	33
D.K.	31	44	W.W.	34	20
G.L.	45	51	T.F.	40	39
J.D.	45	72	E.D.	28	20
J.K.	8	32	T.R.	40	44
G.H.	30	43	W.G.	40	43
MW	31,3	49,4		38,0	33,6
+-SD	+-13,6	+-13,6		+- 7,1	+-10,2
		$p < 0,001$			n.s.

Das enddiastolische Volumen (EDV) war bei allen Patienten deutlich vergrößert. Es betrug in Gruppe I präoperativ im Mittel 257 +- 107 ml und verringert sich postoperativ um 12 % auf 227 +- 106 ml (n.s.). In Gruppe II blieb das EDV unverändert. (280 +- 134 ml präoperativ, 279 +- 109 ml 6 Monate postoperativ). (Anhang: Tab. 10)

Bei beiden Gruppen wurde präoperativ ein erhöhter linksventrikulärer enddiastolischer Druck (LVEDP) festgestellt. Er lag in Gruppe I präoperativ im Mittel bei 15,2 +-6,3 mm Hg und sank auf 12,8 +- 6,8 mm Hg 6 Monate postoperativ. Gruppe II unterschied sich prä- und postoperativ nicht signifikant hinsichtlich des LVEDP von Gruppe I. Hier war ein leichter Druckabfall von im Mittel 22,6 +- 11,2 mm Hg präoperativ auf 20,0 +- 8,8 mm Hg 6 Monate postoperativ festzustellen.

4.2. Selektive Koronararteriographie und Bypassdarstellung

Bei unserem Patientenkollektiv wurden insgesamt 44 Bypasses angelegt.

Der mit einem Ultraschallflowmeter nach dem Dopplerverfahren gemessene "Koronarflow" lag in Gruppe I zwischen 35 ml/100 g min und 150 ml/100 g min bei einem Mittelwert von 78 +- 31 ml/100 g min. In Gruppe II wurden Werte zwischen 40 ml/100 g min und 90 ml/100 g min im Mittel 62 +- 22 ml/100 g min erreicht. Die Differenzen sind nicht signifikant.

6 Monate postoperativ erwiesen sich 10 (22,7 %) der angelegten Bypasses als verschlossen (Tab.3)

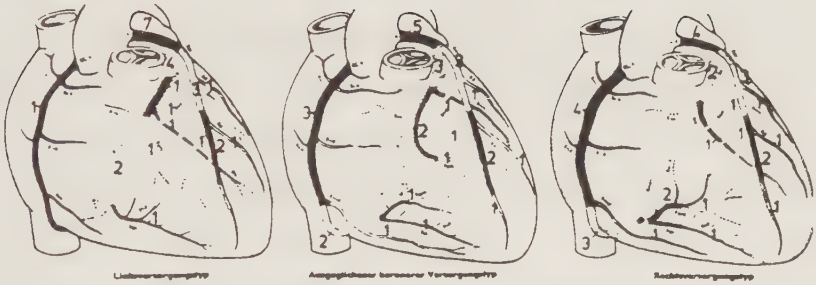
Tabelle 3

Ergebnisse der selektiven Koronangiographie 6 Monate nach Bypassoperation.

			Gruppe I		Gruppe II	
	Bypasses		Bypasses		Bypasses	
Lokalisation	angelegt	verschlossen	angelegt	verschl.	ang.	vers.
RCA	15	3	7	1	8	2
RCX	4	1	2	-	2	1
Ria	15	3	7	1	8	2
Rpls	8	2	6	1	2	1
Ravs	1	-	1	-	-	-
Rms	1	1	-	-	1	1
Summe	44	10	23	3	21	7

Um das Ausmaß des Koronararterienbefalles und den Grad der Vollständigkeit der Revaskularisierung zu erfassen, wurde ein "Stenosescore" verwendet (34). Er berücksichtigt sowohl Anzahl und Schweregrad als auch die Lokalisation von Koronarstenosen (Abb. 3).

Abb. 3 Stenose-Score



Stenosegrad %	1-39	40-59	60-79	80-99	100
Faktor	1	2	3	4	5

Während in beiden Gruppen sich der Stenosescore postoperativ hoch signifikant verringerte und zwar in Gruppe I von 36,4 +- 6,8 auf 14,1 +- 9,3 ($p < 0,001$) und in Gruppe II von 33,6 +- 6,7 präoperativ auf 16,8 +- 11,1 ($p < 0,001$) ist bei Gegenüberstellung von Gruppe I und II weder präoperativ noch postoperativ ein signifikanter Unterschied festzustellen . (Anhang: Tabelle 11).

Bei Einteilung in 4 Revaskularisationsgrade (55) ergibt sich für Gruppe I eine vollständige Revaskularisierung bei 3/9 Patienten und eine ausreichende in 6/9 Pat. In Gruppe II sind 3 vollständig, 3 ausreichend und 2 nicht ausreichend revaskularisiert. Bei einem Patienten waren alle Bypasses verschlossen (Tab. 4).

Tabelle 4

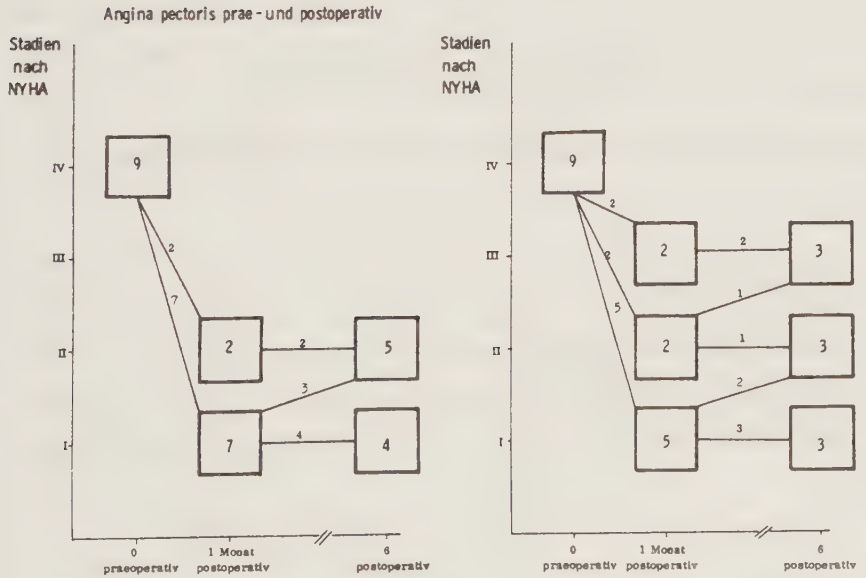
Einteilung der Patienten nach Revaskularisierungsgraden (55)

	EF Angio %		Δ EF	Stenosesc.		Δ Sten.	SRI		Δ SRI
	prä	post		prä	post		prä	post	
Grad I (vollständige Revaskularisierung)									
A.S.	40	59	+19	31	7	-24	9	0	- 9
E.P.	13	30	+17	44	6	-38	13	2	-11
D.K.	31	44	+13	30	0	-30	9	1	- 8
F.A.	26	29	+ 3	22	0	-22	0	1	+ 1
W.W.	34	20	-14	42	5	-37			
E.D.	28	20	- 8	38	12	-26	8	9	+ 1
Grad II (ausreichende Revaskularisierung)									
R.E.	43	54	+11	38	24	-14	8	2	- 6
H.S.	27	60	+33	38	25	-13	7	4	- 3
G.L.	45	51	+ 6	33	8	-25	12	2	-10
J.D.	45	72	+27	44	19	-25	12	11	- 1
J.K.	8	32	+24	44	24	-20			
G.H.	30	43	+13	26	14	-12			
R.R.	44	47	+ 3	34	13	-11	0	5	+ 5
M.W.	45	33	-12	40	29	-11			
F.R.	40	44	+ 4	25	21	- 4	5	8	+ 3
Grad III (nicht ausreichende Revaskularisierung)									
T.F.	40	39	- 1	30	15	-15			
W.G.	40	43	+ 3	36	21	-15	1	3	+ 2
Grad IV (alle Bypasses verschlossen)									
J.L.	45	27	-18	35	35	0	1	10	+ 9

4.3. Beschwerdebild

Während präoperativ alle Patienten Angina pectoris unter Ruhebedingungen (Stadium IV NYHA) verspürten und deshalb nicht belastet werden konnten, ist 1 und 6 Monate postoperativ in allen Fällen eine eindrucksvolle Besserung der Beschwerden eingetreten. In keinem Fall wurde nach der Operation über Angina pectoris in Ruhe geklagt (Abb. 4, Anhang: Tab. 12).

Abb. 4. Angina pectoris prä- und postoperativ



Bei 2 Patienten der Gruppe I war 1,8 +- 0,2 Jahre postoperativ eine erneute Besserung ihrer Beschwerden zu verzeichnen. In einem weiteren Falle trat 1,1 Jahre postoperativ nach einem akuten Ereignis eine Verschlechterung um 2 Stadien ein. Bei den restlichen Patienten der Gruppe I ergaben sich keine Veränderungen hinsichtlich der Beschwerdesymptomatik in dem Zeitraum zwischen 6 Monaten und 1,8 +- 0,2 Jahren postoperativ (Anhang: Tab. 12).

In Gruppe II waren im Zeitraum zwischen 6 Monaten und 1,9 Jahren 2 Patienten verstorben. Im 1. Fall erlag der Patient einem plötzlichen Herztod 1,5 Jahre postoperativ. In dem anderen Fall verstarb der Patient 1,8 Jahre postoperativ unmittelbar nach einer in einer auswärtigen Klinik durchgeführten Reoperation an den Folgen eines "low-output"-Syndroms. Ein dritter Patient befand sich 1,9 Jahre postoperativ im Stadium IV der Herzinsuffizienz aber ohne Angina pectoris-Bechwerden. Bei den übrigen Patienten blieb das Beschwerdebild unverändert (Anhang: Tab. 12).

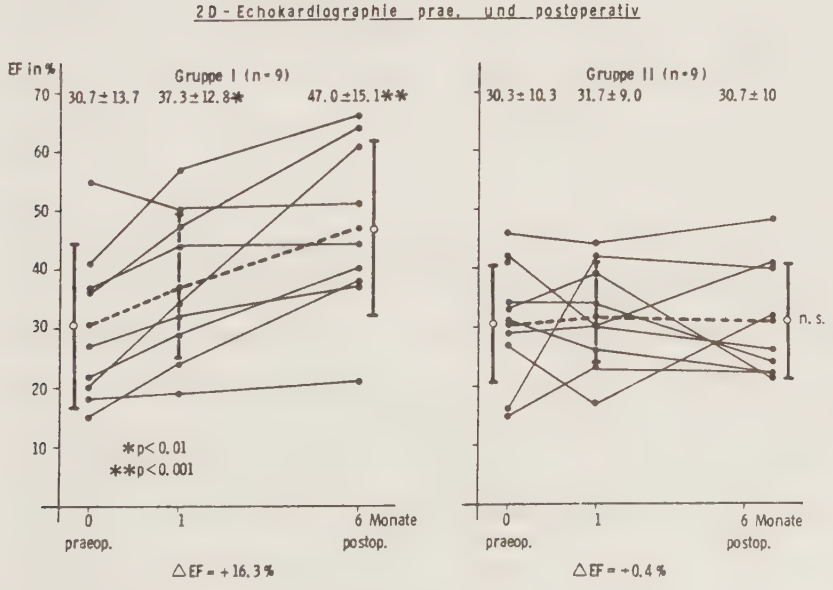
4.4. Elektrokardiogramm

Bei keinem Patienten wurden postoperativ neue Q-Zacken im EKG entdeckt oder war durch den klinischen Verlauf und Laboruntersuchungen (CPK/CKMB) ein perioperatives Infarktereignis anzunehmen.

4.5. 2D-Echokardiographie

Die im 2D-Echo ermittelte EF betrug in Gruppe I präoperativ 30,7 +- 13,7 %. Ein bzw. 6 Monate postoperativ war ein hochsignifikanter Anstieg auf 37,3 +- 12,8 % ($p < 0,01$) bzw 47,0 +- 15,1 % ($p < 0,001$) zu verzeichnen. In Gruppe II veränderte sich die EF kaum. (EF präop. 30,3 +- 10,3 %; 1 Monat postop. 31,7 +- 9,0 %; 6 Monate postoperativ 30,7 +- 10,0 % n.s.) (Abb. 5; Anhang: Tab. 13).

Abb. 5 . 2D-Echokardiographie prä- und postoperativ



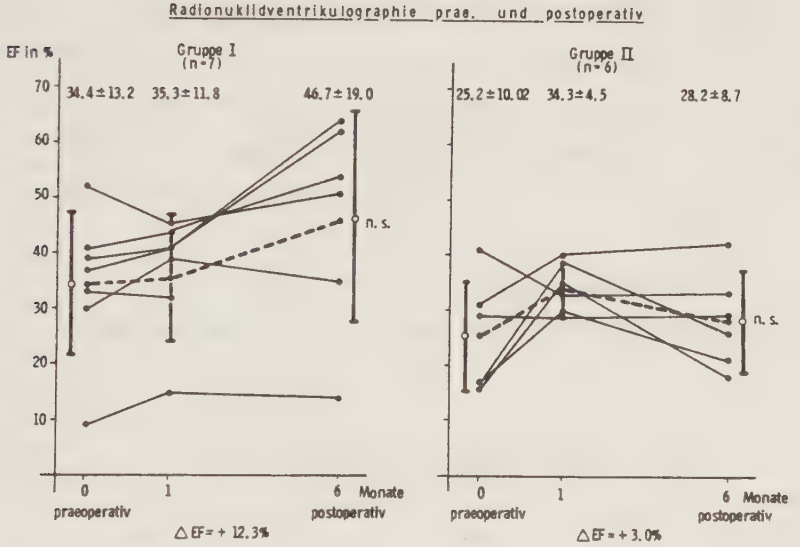
Das echokardiographische enddiastolische Volumen sank in Gruppe I bereits 4 Wochen postoperativ um 27 % von 309 +- 107 ml auf 229 +- 89 ml ($p < 0,01$). 6 Monate postoperativ wurde der gleiche Wert ermittelt (229 +- 105). In Gruppe II war keine signifikante Änderung des EDV festzustellen. Hier verringerte sich das EDV von 297 +- 80 ml präoperativ auf 295 +- 70 ml 1 Monat postop. auf 245 +- 65 ml 6 Monate postop. (n.s.) (Anhang: Tab. 14).

4.6. Radionuklidventrikulographie (RNV)

Eine RNV-Verlaufskontrolle konnte bei 13 Patienten durchgeführt werden: In Gruppe I (n=7) war bis 1 Monat postoperativ keine Veränderung der EF festzustellen. Danach stieg die EF 6 Monate postoperativ um 26 % auf 46,7 +- 19,0 % an (n.s.). Gruppe II (n=6) verzeichnete auch mittels RNV keine wesentliche Änderung der EF während der untersuchten Periode. (25,2 +- 10,2 % präop.; 34,3 +- 4,5 % 1 Monat postoperativ, 28,2 +- 8,7 % 6 Monate postoperativ n.s.) (Abb. 6; Anhang: Tab. 15).

Das radionuklidventrikulographische EDV lag in Gruppe I 1 Monat postoperativ unverändert bei 255 +- 94 ml und sank gering auf 235 +- 115 ml 6 Monate postoperativ (n.s.). In Gruppe II nahm das EDV leicht von 255 +- 67 ml auf 211 +- 84 ml 1 Monat postoperativ ab (n.s.) und stieg 6 Monate postoperativ wieder auf 278 +- 63 ml an (n.s). Die aufgeführten Unterschiede liegen im Streubereich der Methode (Anhang: Tab. 16).

Abb. 6 Radionuklidventrikulographie prä- und postoperativ



4.7. 201-Thallium-Myokardszintigramm (MSZ)

Bei allen 13 untersuchten Patienten konnten präoperativ ausgedehnte Infarktareale nachgewiesen werden. Sie stellten sich in der Frühaufnahme des Ruhe-MSZ als 201-Thalliumminderfixation (Vitalitätsindex < 80%) in einem oder mehreren der genannten 27 Myokardsektoren dar. Zudem fand sich bei allen Patienten Ruheredistribution unterschiedlicher Ausprägung als Zeichen einer reversiblen chronischen Ruheischämie (5,6,21,48,53,57,60).

In Gruppe I (n=7) konnten, verglichen mit Gruppe II (n=6) präoperativ signifikant mehr Sektoren mit Ruheischämie (SRI), d.h. Ruheredistribution von mehr als 10 % identifiziert werden. Die Anzahl der SRI verringert sich in Gruppe I hochsignifikant von 10,0 +- 2,3 auf 3,4 +- 2,8 einen Monat postoperativ ($p < 0,001$) und 3,1 +- 3,7 6 Monate postoperativ ($p < 0,01$), während in Gruppe II sich sogar ein Anstieg der Anzahl der SRI ergab und zwar von 2,5 +- 3,3 auf 3,7 +- 2,5 einen Monat postoperativ und 6,0 +- 3,6 Sektoren 6 Monate postoperativ (n.s.) (Abb.7; Tab. 5)

201-

Abb. 7. Thalliummyokardszintigramm in Ruhe
Anzahl der Sektoren mit Ruheischämie prä- und postoperativ

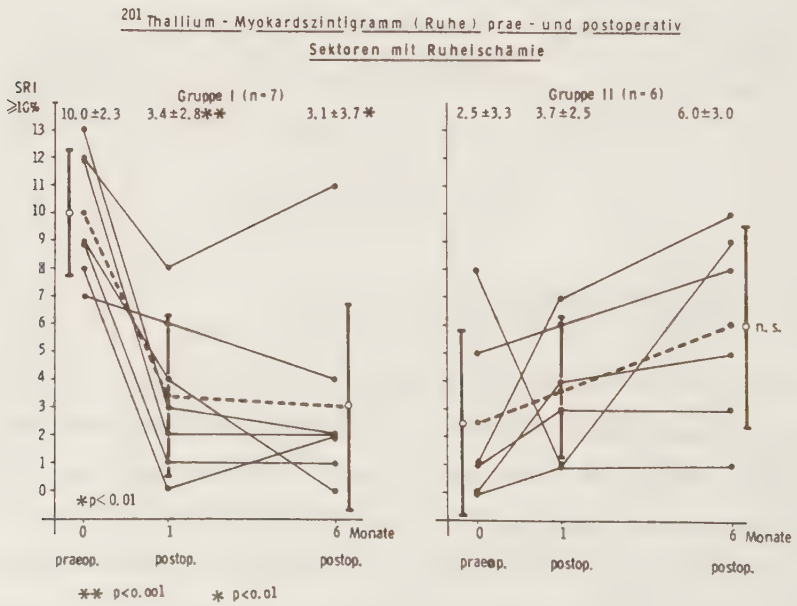


Tabelle 5

201-
Thalliummyokardszintigramm.

Sektoren mit Ruheischämie prä- und postoperativ

Gruppe I				Gruppe II			
Pat.	SRI präop.	1 M. postop.	6 M. postop.	Pat.	SRI präop.	1 M. postop.	6 M. postop.
R.E.	8	0	2	J.L.	1	7	10
A.S.	9	4	0	F.A.	0	1	1
E.P.	13	3	2	R.R.	0	4	5
H.S.	7	6	4	E.D.	8	1	9
D.K.	9	1	1	T.R.	5	6	8
G.L.	12	2	2	W.G.	1	3	3
J.D.	12	8	11				
		**	*				
MW	10,0	3,4	3,1		2,5	3,7	6,0
+-SD	+-2,3	+-2,8	+-3,7		+-3,3	+-2,5	+-3,6

* $p < 0,01$ ** $p < 0,001$ n.s.

Tabelle 6

Globale Ventrikelfunktion der mittels 201- Thallium-Myokardszintigraphie in Ruhe untersuchten Patienten

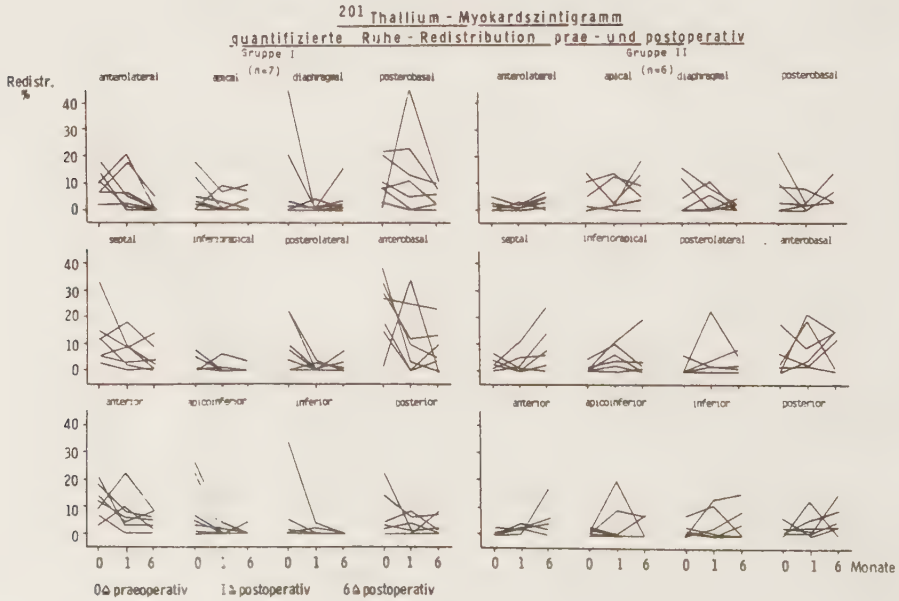
	Gruppe I (n=7)			Gruppe II (n=6)		
	EF in %			EF in %		
Methode	prä	1 M post	6 M post	prä	1 M post	6 M post
			*			
Angiographie	34,9 +-11,9		52,9 +-13,3	37,2 +- 8,2		35,0 +-11,1
			*			
2D-Echokardiographie	33,7 +-14,2	41,2 +-11,6	51,7 +-12,5	30,5 +-12,9	34,0 +- 8,8	32,3 +-12,0
Radionuklidventrikulographie	34,4 +-13,2	35,3 +-11,8	46,7 +-19,0	26,8 +-10,5	35,2 +- 4,5	29,6 +- 8,8

* $p < 0,05$

Bei der quantitativen Analyse der Ruheredistribution ist in Gruppe I eine deutlich rückläufige prozentuale Ruheredistribution in praktisch allen Herzarealen zu verzeichnen. Dem gegenüber findet sich bei Gruppe II präoperativ in nahezu keiner Myokardregion eine wesentliche Ruheredistribution (Redistribution im Mittel $\geq$ 10%). Dieser Befund bleibt auch postoperativ unverändert. In einigen Arealen kommt es sogar zu einem Anstieg der Ruheredistribution (Abb. 8; Anhang: Tab. 17).

Abb. 8 [201]- Thallium Myokardszintigramm

Quantifizierte positive Ruheredistribution (Ischämie) prä- und postoperativ.



4.8. Ergebnisse der Angiokardiographie - Regionale Funktion

Durch 5 Radianten wurden die Lävokardiogramme in 5 Sektoren unterteilt.

In Gruppe I waren präoperativ 20 Sektoren akinetisch, 25 hypokinetisch und kein Sektor normokinetisch. 6 Monate postoperativ fanden sich nur noch in 4 Sektoren eine Akinesie. 27 Sektoren zeigten hypokinetisches Verhalten und 14 Sektoren kehrten zum Normalverhalten zurück.

In Gruppe II ergab sich keine wesentliche Änderung bezüglich der sektoralen Wandbewegung. Hier wurden 6 Monate postoperativ 19 Sektoren mit Akinesie (präoperativ 17 Sektoren), 25 Sektoren mit Hypokinesie (präoperativ 26 Sektoren) und 1 Sektor (präoperativ 2 Sektoren) mit Normokinesie ermittelt (Tab. 7).

Tabelle 7

Sektorale Wandbewegung prä- und postoperativ

	Gruppe I						Gruppe II					
	Akinesie		Hypokinesie		Normokinesie		Akinesie		Hypokinesie		Normokinesie	
	pr.	po.	pr.	po	pr.	po.	pr.	po.	pr.	po.	pr.	po.
posterior	7	1	11	10	0	7	8	7	9	11	1	0
apical	6	2	3	5	0	2	5	4	4	5	0	0
anterior	7	1	11	12	0	5	4	8	13	9	1	1
Gesamt	20	4	25	27	0	14	17	19	26	25	2	1

4.9. Fallbeispiele

4.9.1. Patient F.A. (Gruppe II)

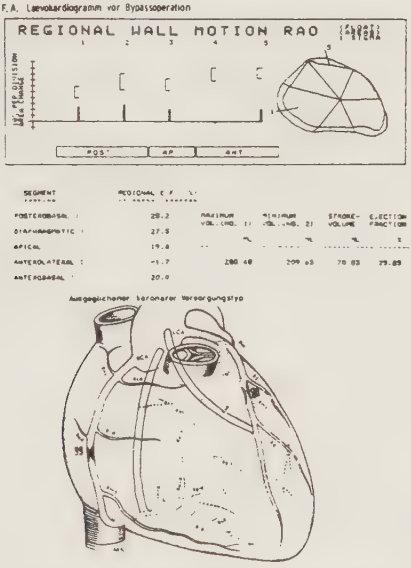
Tabelle 8

Prä- und postoperativer Befund von Patient F.A. (57,8 Jahre, männlich)

Präoperativ		1 Monat postop.	6 Monate po.
EKG:	VWI,HWI		
Gefäßbefall:	RCA, Ria		
Stenosescore:	22		0
Angina Pectoris:	IV	III	III
Angio EF:	26 %		29 %
Angio EDV:	280 ml		301 ml
Echo EF:	33 %	39 %	21 %
RNV EF:	17 %	39 %	26 %
SRI > 10%:	0	1	1

Bei diesem Patienten wurde jeweils ein Bypass zur RCA und zum Ria angelegt. Beide Bypasses erwiesen sich postoperativ als offen. Die angiographisch ermittelte globale Auswurffraktion änderte sich 6 Monate postoperativ nach erfolgreicher kompletter Revaskularisierung nicht wesentlich. Mittels der 201- Thallium-Myokardszintigraphie (MSZ) in Ruhe konnte präoperativ in keinem Sektor eine Ruheredistribution > 10 % identifiziert werden. Postoperativ fand sich der nahezu gleiche Befund.

Abb. 9 Angiographische Ergebnisse prä- und postoperativ.



4.9.2. Patient A.S. (Gruppe I)

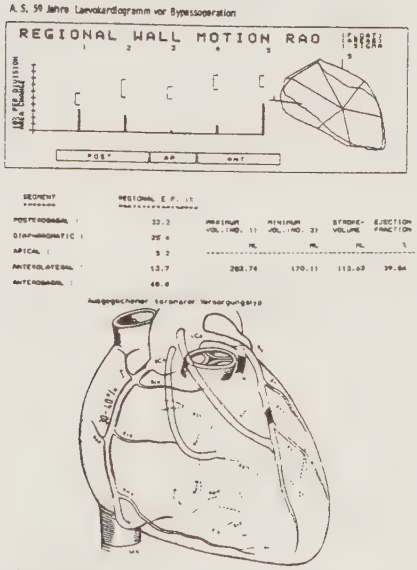
Tabelle 9

Prä- und postoperativer Befund von Patient A.S. (57,9 Jahre, männlich)

Präoperativ		1 Monat postop.	6 Monate po.
EKG:	VWI,HWI		
Gefäßbefall:	Ria, Rcx		
Stenosescore:	31		7
Angina Pectoris:	IV	I	I
Angio EF:	40 %		59 %
Angio EDV:	283 ml		282 ml
Echo EF:	46 %	57 %	67 %
RNV EF:	41 %	44 %	47 %
SRI > 10 %:	9	4	0

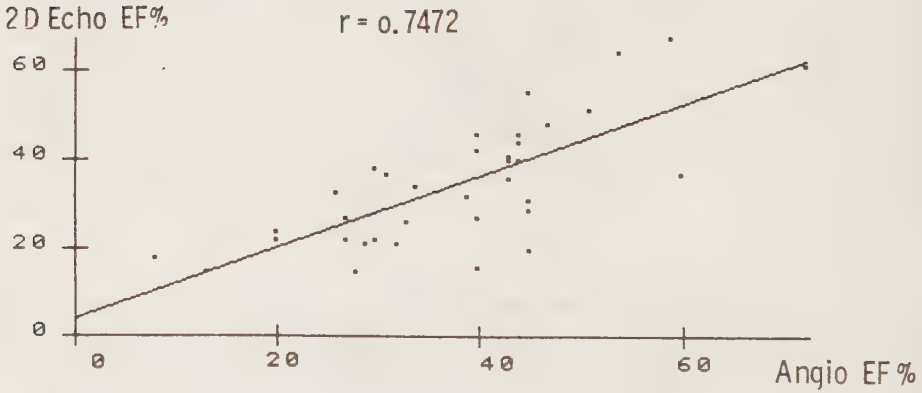
A.S. erhielt jeweils einen Bypass zum Rcx und zum Ria. Die Bypasses stellten sich postoperativ als offen dar. Bei diesen Patienten wurde ein wesentlicher Anstieg der Ruheauswurffraktion durch die Bypassoperation erzielt. Im MSZ war präoperativ eine Ruheischämie (Ruheredistribution) in 9 Sektoren aufzufinden. 6 Monate postoperativ ließ sich dagegen in keinem Sektor eine Ruheischämie mehr nachweisen.

Abb. 10 Angiographische Ergebnisse prä- und postoperativ

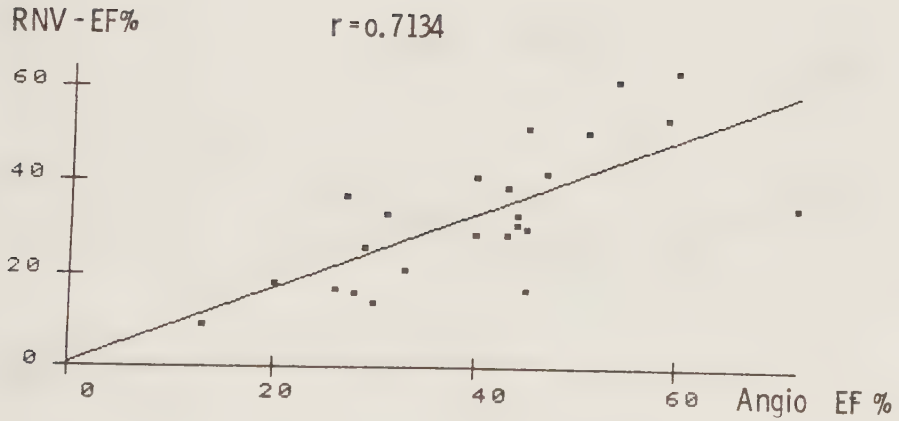


4.10. Korrelationen

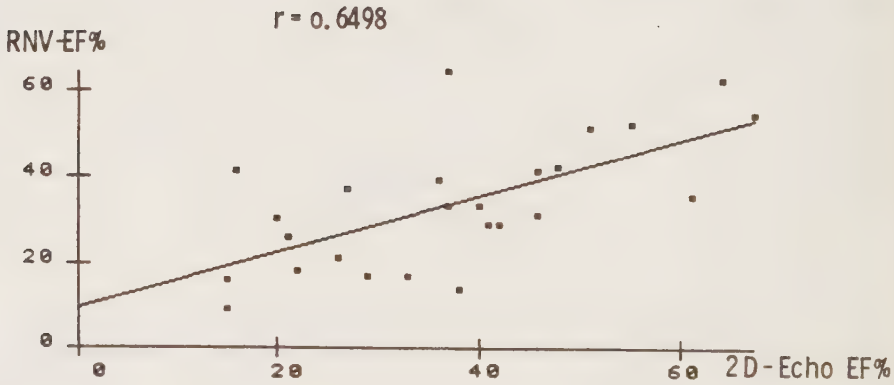
Bei Vergleich der angiographischen mit der echokardiographischen Auswurffraktion (n = 36) ergab sich eine signifikante Korrelation von r = 0,7472 ($p < 0,001$) (Abb. 11).



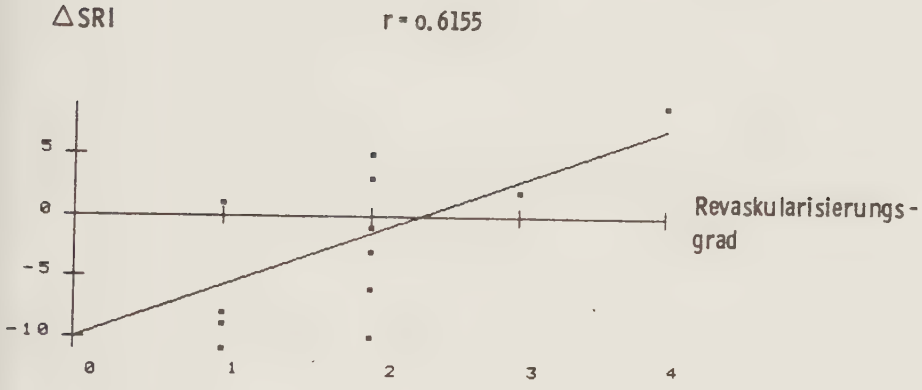
Die Korrelation der RNV EF und der angiographischen EF (n = 24) lag bei r = 0,7134 ($p < 0,001$) (Abb.12).



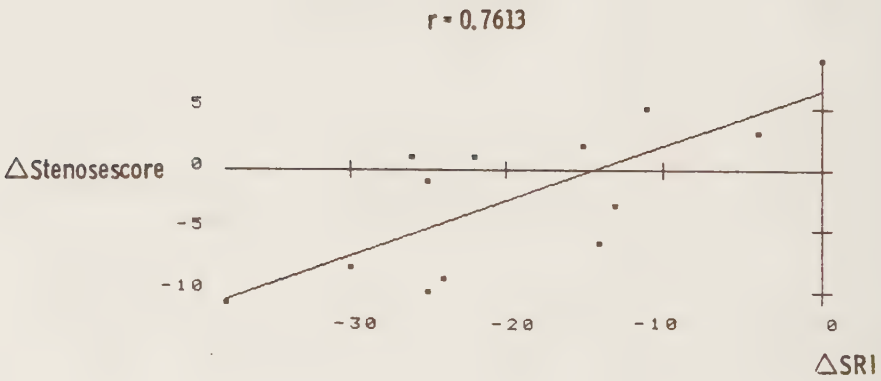
Eine weniger enge Beziehung wurde bei Vergleich von radionuklid-ventrikulographischer Auswurffraktion und echokardiographischer EF (n = 25) erzielt: r = 0,6498 ($p < 0,001$) (Abb. 13).



Es zeigt sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Grad der Revaskularisierung und der postoperativen Abnahme der Sektoren mit Ruheischämie (n = 13): r = 0,6155 (p = 0,05) (Abb. 14).



Die Reduktion des Stenosescores postoperativ korreliert signifikant mit der Verminderung der Sektoren mit Ruheischämie (n = 13): r = 0,7613 (p = 0,01) (Abb. 15)



5. DISKUSSION

Bei Patienten mit stark eingeschränkter linksventrikulärer Funktion in Ruhe wird häufig von aortokoronaren Bypassoperationen abgesehen, zum einen, weil das Operationsrisiko deutlich höher ist und zum anderen, eine Besserung der kardialen Funktion bei ausgedehneten Narbenarealen nicht erwartet werden kann. Dem gegenüber gibt es jedoch auch Beobachtungen, daß akinetische Myokardbezirke durch eine erfolgreiche Revaskularisation ihre Kontraktionsfähigkeit wieder ganz oder teilweise zurückerhalten (9,11,13,24,39). Bei der Mehrzahl der Patienten ist eine Besserung der postoperativen Ventrikelfunktion in der Regel nur unter Belastung nachzuweisen (2,9,19,25,26,36,41,47,68). In Einzelfällen, insbesondere nicht selten bei Patienten mit präoperativ deutlich eingeschränkter Ventrikelfunktion, wird durch die Revaskularisation auch eine Steigerung des globalen Kontraktionsverhaltens in Ruhe beobachtet (9,11,23,26,33,35,39,51,54, 57,61,68,72,75).

Als Parameter, die es unter Umständen ermöglichen, präoperativ zwischen irreversiblen und reversiblen Akinesien zu differenzieren, haben sich die Angiographie unter Nitroglycerin und die Beurteilung der postextrasystolischen Schlages bewährt (3,13,24,37,44,49,63). Während bezüglich einer regionalen Verbesserung hiermit verläßliche Aussagen möglich sind, gelingt es jedoch nicht, eine globale Funktionsbesserung vorauszusehen (13).

Auch die ^{201}-Thallium-Myokardszintigraphie unter Belastung kann verläßlich lebende akinetische Areale von Narbenarealen unterscheiden und die Besserung der regionalen Funktion durch aortokoronare Bypassoperation voraussehen lassen (28,57). Von einigen Autoren konnte mittels ^{201}-Thallium-Myokardszintigraphie nachgewiesen werden, daß es sowohl bei stabiler als auch bei instabiler Angina pectoris eine Hypoperfusion in Ruhe geben kann, ohne daß ein Myokardinfarkt erfolgt ist (5,21,74). Eine Redistribution in Ruhe entspricht dabei in nahezu allen Fällen einer Stenose des Gefäßes von mehr als 70 % (5). In Bezirken ohne lebendes Myokard wäre keine Redistribution zu erwarten (67) und würde sich demnach durch eine Revaskularisation auch keine Besserung der Funktion ergeben.

Dementsprechend wurde in der vorliegenden Untersuchung bei Patienten mit ausgeprägter Ruheischämie (10+/-2,3 Sektoren mit Redistribution) gegenüber solchen mit wenig ausgedehnter Ruheischämie (2,5+/-3,3 Sektoren mit Redistribution) postoperativ eine deutliche Steigerung der globalen Auswurffraktion beobachtet. Nach Revaskularisation hatte in Gruppe I die Anzahl der Sektoren mit Redistribution sich auf 3,1+/-3,7 signifikant vermindert und in Gruppe II nicht signifikant erhöht.

Es zeigte sich, daß bei Patienten mit stark reduzierter präoperativer Auswurffraktion ein regelhafter Anstieg der EF trotz vollständiger oder ausreichender Revaskularisierung nicht in jedem Fall zu erwarten ist. So ließ sich keine Korrelation zwischen dem Grad der Revaskularisierung bzw. der Abnahme des Stenosescores und dem Anstieg der Auswurffraktion feststellen.

Regelhaft war lediglich eine deutliche Funktionsbesserung in Ruhe bei Patienten, die präoperativ mehr als 7 Sektoren mit Ruheischämie (SRI) aufwiesen und deren Revaskularisierung zumindest ausreichend war.

Da eine ^{201}-Thallium-Redistribution in der Spätaufnahme (3-4 Stunden nach Injektion) verursacht wird durch verlangsamte Akkumulation in ischämischen Segmenten und schnelleres Auswaschen in normal durchbluteten Arealen, kann unsere Beobachtung einer Besserung der ^{201}-Thallium-Aufnahme in der Frühphase als Indiz für eine Besserung der regionalen Myokarddurchblutung gelten (4,10,67).

Die Besserung der Funktion in der Gruppe mit präoperativ ausgeprägter Ischämie im Vergleich zu den Patienten mit weniger ausgedehnten Ischämiearealen ließ sich ebenfalls überzeugend mittels Radionuklidventrikulographie und zweidimensionaler Echokardiographie nachweisen. Die drei ventrikulographischen Methoden sind für postoperative Verlaufsbeobachtungen gut geeignet (11,18,23,41,58) und wiesen bei diesen, wegen der stark verminderten Auswurffraktion schwierig zu evaluierenden Patienten, eine vergleichsweise gute Korrelation auf (18).

Die pathophysiologischen Mechanismen einer chronischen bzw. rezidivierenden Ruheischämie sind noch immer unklar. Wackers konnte im beschwerdefreien Intervall bei Patienten mit instabiler Angina pectoris zeigen, daß eine Myokardischämie zu länger anhaltenden

201-
Thallium-Fixationsstörungen führt als klinisches Bild und Elektrokardiogramm erwarten lassen. Möglicherweise ist hierfür eine länger persistierende gestörte Membranfunktion der Zellen verantwortlich (74). Diese Theorie wird durch Befunde von Abdullah untermauert, der nach länger anhaltenden ischämischen Ereignissen eine Anreicherung von Technetiumpyrophosphat beobachtete, ohne daß andere Hinweise auf eine Infarzierung vorlagen (1). Die Ursachen einer ausgeprägten Funktionseinschränkung von nicht infarziertem Myokard in Ruhe sind noch nicht endgültig geklärt. In Tierversuchen ist jedoch deutlich geworden, daß rezidivierende Ischämie zu einer lang anhaltenden Kontraktionsminderung führen kann (8,20,52,69). Auch am Menschen ließ sich histologisch feststellen, daß selbst in akinetischen Arealen in nicht unerheblichem Ausmaß noch normales Myokard zu finden ist (7,31,32). Zweifellos handelt es sich bei den reversiblen Kontraktionsstörungen in Ruhe um eine schwere ischämische Beeinträchtigung des Myokards (8,20).

Die linksventrikuläre Funktion in Ruhe gilt als ein wesentlicher prognostischer Parameter bei koronarer Herzkrankheit (56). Coles konnte zeigen, daß durch eine Besserung der Auswurffraktion nach Revaskularisierung die Überlebensaussichten gegenüber medikamentös behandelten Gruppen sich signifikant bessern ließen (14). Auch in unserer Untersuchung mit geringer Fallzahl starben nach im Mittel 1,8 Jahren im Anschluß an die aortokoronare Bypassoperation 2 Patienten. Bei beiden war es postoperativ zu keinem Anstieg der stark reduzierten Ruhe-EF gekommen.

Um unsere Aussagen zu untermauern, wurden neben klinischer und laborchemischer Untersuchung wiederholt Elektrokardiogramme, Ci-

neangioventrikulogramme, Koronararteriogramme, 2D-Echokardiogramme, ^{99m}Technetium Äquilibrium-Radionuklidventrikulogramme, ^{201}Thallium-Myokardszintigramme angefertigt.

Die Gesamtzahl der Untersuchungen betrug 441. Jeder einzelne Patient unterzog sich im Schnitt 24,5 Untersuchungen. Hieraus wird verständlich, daß es nicht in allen Fällen möglich war, das gesamte Untersuchungsprogramm durchzuführen.

Alle apparativen Untersuchungen wurden in dieser Studie mit den derzeit eingeführten invasiven und nicht invasiven Methoden durchgeführt.

Erst in jüngerer Zeit scheint mit dem Nuclear-Magnetic-Resonance-Verfahren (NMR) neben der ^{201}Thallium-Myokardszintigraphie eine weitere Technik zur Differenzierung von Myokardischämie und Narbenarealen zur Verfügung zu stehen (50). Das Verfahren befindet sich derzeit im experimentellen Stadium und wird sich aber sicherlich wegen der hohen Kosten, bedingt durch den enormen apparativen Aufwand, auch in den nächsten Jahren nicht als Routineverfahren etablieren lassen.

Gegenüber der ^{201}Thallium-Myokardszintigraphie besteht der Vorteil, die Myokardvitalität ohne Einsatz radioaktiver Substanzen darstellen zu können. Zudem scheint es möglich gleichzeitig sowohl funktionelle, morphologische und metabolische Parameter zu erfassen (50).

Zur Beurteilung globaler und regionaler linksventrikulärer Funktion hat in den letzten beiden Jahren neben Cineangiographie, ^{99m}-Technetium-Radionuklidventrikulographie und 2D-Echokardiographie ein weiteres bildgebendes Verfahren - die "Digitale-Subtraktionsangiograhie" (DSA) - an Bedeutung gewonnen (42).

Sie vereint den Vorteil einer der Cineventrikulographie annähernd ebenbürtigen Auflösung mit einer, bei peripher intravenöser Kontrastmittelapplikation, geringen Belästigung und Gefährdung des Patienten. Die Untersuchungsmethode ist aber bisher in der alltägigen Diagnostik nur an wenigen Zentren möglich.

Sie wird in Zukunft insbesondere zur Durchführung exakter Verlaufsbeobachtung wohl an Bedeutung gewinnen. Ob sie jedoch den etablierten Stellenwert der Radionuklidventrikulographie unter Belastungsbedingungen wird erreichen können, bleibt wegen der Bewegungsartefakte zweifelhaft.

6. SCHLUSSFOLGERUNG

Die meisten Patienten mit schwerer Angina pectoris und stark eingeschränkter Ventrikelfunktion erleben postoperativ eine Besserung ihres Befindens. Bei etwa 50 % ist eine Steigerung der Auswurffraktion in Ruhe zu erwarten. Mittels ^{201}-Thallium-Myokardszintigraphie kann besser als mit anderen Methoden diese Untergruppen identifiziert werden. Die Ergebnisse der Myokardszintigraphie lassen möglicherweise einen Schluß auf die postoperative Langzeitprognose zu und tragen zur Entscheidung des therapeutischen Vorgehens bei diesen Patienten wesentlich bei. Möglicherweise gelingt es auch hiermit Patienten mit ischämischer Herzinsuffizienz ohne Angina pectoris zu identifizieren, die durch eine Revaskularisierung wirksamer als durch konservative Behandlung therapiert werden können.

7. ZUSAMMENFASSUNG

Bislang kann nicht mit Sicherheit vorausgesehen werden, bei welchen Patienten mit stark eingeschränkter Ventrikelfunktion, eine Zunahme der Herzauswurffraktion in Ruhe nach aortokoronarer Bypassoperation zu erwarten ist.

Ziel der folgenden Untersuchung war es mittels 201-Thallium-Myokardszintigraphie präoperativ Areale mit chronischer Ischämie zu identifizieren und angiographisch zu erfassen, ob eine Revaskularisierung dieser Gebiete mit Ruheischämie eine Steigerung der Ventrikelfunktion erfahren läßt.

Im Rahmen dieser prospektiven Studie wurden 18 konsekutive Patienten (17 männlich, 1 weiblich; Alter im Mittel 54,1 +- 7,7 Jahre) mit koronarer Herzkrankheit und Mehrgefäßbefall (3,4 Gefäße mit Stenose > 70 %), mindestens einem Infarktereignis, instabiler Angina pectoris (Stadium IV NYHA) und stark reduzierter Ventrikelfunktion (Auswurffraktion Angio präop: 34,7 +- 11,1 %), die sich einer aortokoronarer Bypassoperation unterzogen, untersucht.

Dabei wurde in Ruhe präoperativ, 1 und 6 Monate postoperativ eine ^{201}-Thallium-Myokardszintigraphie (n=13), eine ^{99m}-Technetium-Äquilibrium-Radionuklidventrikulographie (n=13) und eine zweidimensionale Echokardiographie (n=18) durchgeführt. Eine Koronarangiographie und Lävokardiographie erfolgte bei allen Patienten vor und 6 Monate nach der Operation.

Bei 9 Patienten (Gruppe I) war im Vergleich zum Ausgangswert der angiographisch ermittelten Auswurffraktion (EF) ein Anstieg um mehr als 12 % festzustellen (31,3 +- 13,6 % präop., 49,4 +- 13,6 % 6 Monate postop.; $p < 0,001$). Die übrigen 9 Patienten (Gruppe II) erfuhren keine wesentliche EF-Veränderung (38,0 +- 7,1 % präop., 33,6 +- 10,2 % 6 Monate postop. n.s.).

Mittels 99m-Technetium-Äquilibrium-Radionuklidventrikulographie und zweidimensionaler Echokardiographie konnten vergleichbare Ergebnisse erzielt werden.

Im ^{201}-Thallium-Myokardszintigramm wurden präoperativ in Gruppe I (n=7) signifikant mehr Sektoren mit Ruheischämie (10,0 +- 2,3) identifiziert, als in Gruppe II (2,5 +- 3,3; n=6). Postoperativ war in Gruppe I eine hochsignifikante Abnahme der Sektoren mit Ruheischämie (SRI) zu verzeichnen (3,4 +- 2,8 Sektoren 1 Monat postoperativ, 3,1 +- 3,7 Sektoren 6 Monate postoperativ). Bei nicht signifikant unterschiedlichem Revaskularisierungsgrad war in Gruppe II keine wesentliche Änderung festzustellen.

Abgesehen von einer gravierenden postoperativen Verbesserung der Beschwerdesymptomatik, die alle Patienten betraf, zeigte sich, daß bei den Patienten, die präoperativ im Ruhe ^{201}-Thallium-Myokardszintigramm eine ausgeprägte Ruheischämie (Ruheredistribution) aufwiesen, durch Revaskularisierung eine Steigerung der globalen Ventrikelfunktion erzielt werden kann. Hingegen ist bei Patienten mit präoperativ geringer Ruheischämie im ^{201}-Thallium-Myokardszintigramm keine Besserung der Kontraktilität in Ruhe zu erwarten.

So scheint es mittels 201-Thallium-Myokardszintigramm möglich, die Patienten mit schwerer ischämischer Myokardschädigung zu identifizieren, die von einer Revaskularisierung am meisten profitieren.

8. ANHANG : TABELLEN

Tabelle 10

Laevokardiographie : Enddiastolische Volumina prae- und postoperativ

Gruppe I			Gruppe II		
Pat.	EDV in ml		Pat.	EDV in ml	
	praeop.	6 Monate postop.		praeop.	6 Monate postop.
R.E.	172	142	J.L.	279	259
A.S.	283	282	F.A.	280	301
E.P.	429	380	R.R.	260	258
H.S.	334	220	M.W.	272	238
D.K.	207	143	W.W.	611	552
G.L.	115	155	T.F.	258	219
J.D.	196	148	E.D.	187	236
J.K.	387	408	T.R.	125	173
G.H.	188	161	W.G.	250	272
MW	257	227		280	279
+/-SD	+/-107	+/-106 (n.s.)		+/-134	+/-109 (n.s.)

Tabelle 11

Stenosescore prae- und postoperativ

Gruppe I			Gruppe II		
	Stenosescore			Stenosescore	
Patient	praeop.	6 Monate postop.	Pat.	praeop.	6 Monate postop.
R.E.	38	24	J.L.	35	35
A.S.	31	7	F.A.	22	0
E.P.	44	6	R.R.	34	13
H.S.	38	25	M.W.	40	29
D.K.	30	0	W.W.	42	5
G.L.	33	8	T.F.	30	15
J.D.	44	19	E.D.	38	12
J.K.	44	24	T.R.	25	21
G.H.	26	14	W.G.	36	21
MW	36,4	14,1		33,6	16,8
+/- SD	+/- 6,8	+/- 9,3		+/- 6,7	+/-11,1
	($p < 0,001$)			($p < 0,001$)	

Tabelle 12

Angina pectoris prae- und postoperativ (Stadien nach NYHA)

Gruppe I					Gruppe II				
Patient	prae	1 M post	6 M post	1,8J post	Patient	prae	1 M post	6 M post	1,8J post
R.E.	IV	II	II	II	J.L	IV	I	I	I
A.S.	IV	I	I	I	F.A.	IV	III	III	+
E.P.	IV	I	II	II	R.R.	IV	I	I	I
H.S.	IV	I	II	I	M.W.	IV	I	II	II
D.K.	IV	II	II	II	W.W.	IV	II	II	II
G.L.	IV	I	I	I	T.F.	IV	III	III	IV
J.D.	IV	I	I	I	E.D.	IV	I	I	+
J.K.	IV	I	I	III	T.R.	IV	II	III	III
G.H.	IV	I	II	I	W.G.	IV	I	II	II

Tabelle 13

2-D-Echokardiographie: Auswurffraktion (EF) prae- und postoperativ

Gruppe I				Gruppe II			
	EF %				EF %		
Pat.	prae.	1 M post.	6 M post.	Pat.	prae.	1 M post.	6 M post.
R.E.	36	47	64	J.L.	31	26	22
A.S.	46	57	67	F.A.	33	39	21
E.P.	15	24	38	R.R.	46	44	48
H.S.	27	32	37	M.W.	29	30	26
D.K.	37	44	44	W.W.	34	34	24
G.L.	55	50	51	T.F.	27	17	32
J.D.	20	34	61	E.D.	15	23	22
J.K.	18	19	21	T.R.	16	42	40
G.H.	22	29	40	W.G.	42	30	41
MW	30,7	37,3	47,0		30,3	31,7	30,7
+/-SD	+/-13,7	+/-12,8	+/-15,1		+/-10,3	+/- 9,0	+/-10,0
	$p < 0,001$				n.s.		

Tabelle 14

2-D-Echokardiographie: Enddiastolisches Volumen (EDV) prae- und postoperativ

Gruppe I				Gruppe II			
	EDV in ml				EDV in ml		
Pat.	prae.	1 M. post.	6 M. post.	Pat.	prae.	1 M. post.	6 M. post.
R.E.	381	297	230	J.L.	300	373	252
A.S.	334	230	136	F.A.	402	220	337
E.P.	521	282	356	R.R.	341	260	147
H.S.	334	175	188	M.W.	302	361	195
D.K.	256	143	143	W.W.	281	390	316
G.L.	253	169	155	T.F.	364	214	291
J.D.	166	132	129	E.D.	342	314	265
J.K.	335	337	409	T.R.	176	307	232
G.H.	197	200	314	W.G.	169	216	173
MW	309	229	229		297	295	245
+/-SD	+/-107	+/- 89	+/-105		+/- 80	+/- 70	+/- 65
		$p < 0,01$				n.s.	

Tabelle 15

Radionuklidventrikulographie prae- und postoperativ:

Auswurffraktion (EF) in %

Gruppe I				Gruppe II			
Pat.	prae.	1 M. post.	6 M. post.	Pat.	prae.	1 M. post.	6 M. post.
R.E.	39	41	62	F.A.	17	39	26
A.S.	41	44	54	R.R.	31	40	42
E.P.	9	15	14	M.W.	17	30	21
H.S.	37	41	64	E.D.	16	35	18
D.K.	33	22		T.R.	41	33	33
G.L.	52	45	51	W.G.	29	29	29
J.D.	30	39	35				
MW	34,4	35,3	46,7		25,2	34,3	28,2
+/-SD	+/-13,2	+/-11,8	+/-19,0		+/-10,2	+/- 4,5	+/- 8,7
		n.s.				n.s.	

Tabelle 16

Radionuklidventrikulographie prae- und postoperativ:

Enddiastolisches Volumen (EDV) in ml

Gruppe I				Gruppe II			
Pat.	prae.	1 M. post.	6 M. post.	Pat.	prae.	1 M. post.	6 M. post.
R.E.	245	220	114	F.A.	297	150	263
A.S.	260	239	227	R.R.	141	162	215
E.P.	395	436	455	M.W.	262	293	381
H.S.	240	223	200	E.D.	289	132	247
D.K.	262	318		T.R.	215	192	235
G.L.	197	191	227	W.G.	327	337	327
J.D.	192	158	187				
MW	256	255	235		255	211	278
+/-SD	+/- 67	+/- 94	+/-115		+/- 67	+/- 84	+/- 63
		n.s.					

Tabelle 17

201-
Thallium- Myokardszintigramm: Quantitative Ruheredistribution prae- und postoperativ in % (Mittelwerte).

		Gruppe I			Gruppe II		
Ansichten	Herzregion	prae	1 M post	6 M post	prae	1 M post	6 M post
Anterior	anterolateral	10,0	7,5	0,8	1,8	1,5	3,5
	apical	5,7	2,2	2,8	5,3	5,6	8,3
	diaphragmal	10,8	0,9	3,0	5,3	4,3	1,0
	posterobasal	10,4	14,0	5,5	7,3	2,1	5,5
LAO45°	septal	12,0	6,8	4,4	2,6	3,1	8,8
	inferioapical	2,0	1,0	0,4	0,8	5,5	4,1
	posterolateral	9,2	0,8	1,5	1,0	5,1	2,8
	anterobasal	23,0	12,0	7,5	5,0	9,6	9,6
LAO80°	anterior	12,0	7,5	4,5	0,6	2,3	4,6
	apicoinferior	9,4	0,8	0,5	1,1	4,8	2.5
	inferior	5,5	0,8	0,0	2,1	4,6	4,6
	posterior	6,2	2,8	2,5	2,1	4,1	5,8

9. LITERATURLISTE

1. Abdullah, A.M., M.J. Canedo, B.C. Cortez, K.D. McGinnis, S.K. Wilhelm :
   Detection of unstable angina by ^{99m}- Technetium Pyrophosphate myocardial scintigraphy
   Chest 69 : 168-173 (1976)

2. Austin, E.H., H.N. Oldham, D.C. Sabiston, R.H. Jones:
   Early assessment of rest and exercise left ventricular function following coronary artery surgery.
   Am Thorac Surg 35 : 159-169 (1981)

3. Banka, V.S., M.M. Bodenheimer, R. Shah, R.H. Helfant :
   Intervention ventriculography: Comparative value of nitroglycerin, post-extrasystolic potentiation and nitroglycerin plus post-extrasystolic potentiation.
   Circulation 53 : 632-637 (1976)

4. Beller, G.A., D.D. Watson, P. Ackel, G.M. Pohost :
   Time course of thallium 201 redistribution after transient myocardial ischemia.
   Circulation 61 : 791-797 (1980)

5. Berger, B.C., D.D. Watson, L.R. Burwell, J.K. Crosby, H.A. Wellons, C.D. Teates, G.A. Beller :
   Redistribution of thallium at rest in patients with stable and unstable angina and the effect of coronary artery bypass surgery
   Circulation 60 : 1114-1125 (1979)

6. Berman, D., J. Maddahi, M. Freeman, H. Staniloff, U. Elkayam, Y. Charuzi, D. Tanasescu, M. Brachman, H.J.C. Swan, J. Forrester, A. Waxman :
Variable time to redistribution in Tl-201 exercise myocardial scintigraphy: Inverse relationship to degree of stenosis.
J. Nucl. Med. 20 : 688 (Abstr.) (1979)

7. Bodenheimer, M.M., V.S. Banka, R.G. Trout, G.A. Hermann, H. Pasdar, R.H. Helfant :
Local characteristics of the normal and asynergic left ventricle in man
Am. J. Med. 61 : 650-656 (1976)

8. Braunwald, E., R.A. Kloner :
The stunned myocardium: Prolonged postischemic ventricular dysfunction
Circulation 66 : 1146-1149 (1982)

9. Bussmann, W.-D., V. Mayer, G. Kober, M. Kaltenbach :
Regionale Ventrikelfunktion in Ruhe, unter Volumen- und körperlicher Belastung vor und nach aortokoronarer Bypass Operation
Z. Kardiol. 67 : 384-394 (1978)

10. Cannon, P.J., R.B. Dell, E.M. Dwyer jr. :
Regional myocardial perfusion rates in patients with coronary artery disease.
J. Clin. Invest. 51 : 978-994 (1972)

11. Chatterjee, K., H.J.C. Swan, W.W. Parmley, H. Sustaita, H.S. Marcus, J. Matloff :
Influence of direct myocardial revascularization on left ventricular asynergy and function in patients with coronary heart disease. With and without myocardial infarction.
Circulation 47 : 276-286 (1973)

12. Chesebro, J.H., E.L. Ritman, R.L. Frye, H.C. Smith, R.E. Vliestra, J.R. Pluth :
Left ventricular performance before and after aortocoronary bypass surgery
Circulation 65 (II): 98-105 (1982)

13. Chesebro, J.H., E.L. Ritman, R.L. Frye, H.C. Smith, B.D. Rutherford, R.E. Fulton, J.R. Pluth, D.A. Barnhorst :
Regional myocardial wall thickening. Response to nitroglycerin. A predictor of myocardial response to aortocoronary bypass surgery.
Circulation 57 : 952-957 (1978)

14. Coles, J.G., L. Del Campo, S.N. Ahmed, R. Corpus, A.C. MacDonald, M.M. Goldbach, J.C. Coles :
Improved long-term survival following myocardial revascularization in patients with severe left ventricular dysfunction
J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 81 : 846-850 (1981)

15. Cook, D.J., J. Bailey, H.W. Strauss, J. Rouleau, H.N. Wagner jr, B. Pitt :
Thallium-201 for myocardial imaging: Appearance of the normal heart
J. Nucl. Med. 17 : 583-589 (1976)

16. Dalichan, H., A. Hannekum :
Chirurgische Therapie der koronaren Herzkrankheit. Koronar- und Ventrikelchirurgie
Int. Welt 3 : 19/71-36/80 (1983)

17. De Puey, E.G., J.A. Burdine, P.H. Murphy, R.J. Hall :
Infarct induced wall motion abnormalities in aortocoronary bypass patients
J. Nucl. Med. 19 : 724 (Abstr.) (1978)

18. Erbel, R., P. Schweizer, J. Meyer, H. Greuner, W. Krebs, S. Effert:
Left ventricular volume and ejection fraction determination by cross-sectional echocardiography in patients with coronary artery disease. A prospective study.
Clin. Cardiol. 3 : 377-383 (1980)

19. Freeman, M.R., R.J. Gray, D.S. Berman, J. Maddahi, M.J. Raymond, J.S. Forrester, J.M. Matloff :
Improvement in global and segmental left ventricular function after coronary bypass surgery
Circulation 64 (Suppl.II): II-34 - II-39 (1981)

20. Geft, J.E., M.C. Fuhbein, K. Ninomiya, J. Hashida, E. Chan, J. Yano, J.Y. Rit, T. Genor, W. Shell, W. Ganz :
Intermittent brief periods of ischemia have a cummulative effect and may cause myocardial necrosis.
Circulation 66: 1150-1153 (1982)

21. Gewirtz, H., G.A. Beller, H.W. Strauss, R.E. Dinsmore, L.M. Zir, K.A. McKusick, G.M. Pohost :
Transient defect of resting thallium scans in patients with coronary artery disease
Circulation 59 : 707-713 (1979)

22. Gray, R., J. Maddahi, D. Berman, M. Raymond, A. Waxman, W. Ganz, J. Matloff, H.J.C. Swan :
Scintigraphic and hemodynamic demonstration of transient left ventricular dysfunction immediately after uncomplicated coronary artery bypass grafting
J. Thorac. Cardiovasc. Surgery 77 : 504-509 (1979)

23. Hammermeister, K.E., J.W. Kennedy, G.W. Hamilton, D.K. Stewart, K.L. Gould, K. Lipscomb, J.A. Murray :
Aortocoronary saphenous vein-bypass. Failure of successful grafting to improve resting left ventricular function in chronic angina.
N. Engl. J. Med. 290 : 186-192 (1974)

24. Helfant, R.H., R. Pine, S.G. Meister, M.S. Feldmann, R.G. Trout, V.S. Banka :
Nitroglycerin to unmask reversible asynergy. Correlation with post-coronary bypass ventriculography
Circulation 50 : 108-113 (1974)

25. Hellman, C.K., M.L. Kamath, D.M. Schmidt, J. Anholm, F. Blau, W.D. Johnson :
Improvement in left ventricular function after myocardial revascularization.
J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 79 : 645-655 (1980)

26. Hellman, C.K., D.H. Schmidt, M.L. Kamath, J. Anholm, F. Blau, W.D. Johnson :
Bypass graft surgery in severe left ventricular dysfunction.
Circulation 62 (Suppl.I): I-103 - I-110 (1980)

27. Hochberg, M.S., V. Parsonnet, J. Gielchinsky, S.M. Hussain :
Coronary artery bypass grafting in patients with ejection fractions below forty percent.
J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 86 : 519-527 (1983)

28. Hör, G.:
Myokard und Ventrikelszintigraphie (Radionuklidventrikulographie) bei koronarer Herzkrankheit
Therapiewoche 32,50: 6256-6281 (1982)

29. Hör, G., F.D. Maul :
Myokardszintigraphie
Der Nuklearmediziner : 229-249 (1982)

30. Hung, J., D.T. Kelly, D.K. Baird, P.N. Hendel, B.D. Leckie, A.F. Grant, R.F. Uren:
Aortocoronary bypass grafting in patients with severe left ventricular dysfunction
J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 79 : 718-723 (1980)

31. Hutchins, G.M., B.M. Bulkley, R.L. Ridolfi, L.S.C. Griffith, F.T. Lohr, M.A. Piasio :
Correlation of coronary arteriograms and left ventriculograms with postmortem studies
Circulation 56 : 32-36 (1977)

32. Ideker, R.E., V.S. Behar, G.S. Wagner, J.W. Starr, C.F. Starmer, K.L. Lee, D.B. Hackel :
Evaluation of asynergy as an indicator of myocardial fibrosis
Circulation 57 : 715-725 (1978)

33. Iskandrian, A.S., A.H. Hakki, S.A. Kane, J.P. Goel, E.D. Mundth, A.H. Hakki, B.L. Segal :
Rest and redistribution thallium-201 myocardial szintigraphy to predict improvement in left ventricular function after coronary arterial bypass grafting
Am. J. Cardiol. 51 : 1312-1316 (1983)

34. Kaltenbach, M., G. Kober, P. Satter, A. Grüntzig, R. Myler, S. Sterzer :
Koronare Eingefässerkrankung. Konservative Therapie, aortokoronare Bypassoperation oder transluminale Angioplastik
Verh. Dtsch. Ges. Herz- u. Kreislaufforschg. 46 : 130-137 (1980)

35. Kay, J.H., J.V. Redingtion, A.M. Mendez, P. Zubiate, E.F. Dunne :
Coronary artery surgery for the patient with impaired left ventricular function.
Circulation 45/46 (Suppl. II) : II-49 (Abstract) (1972)

36. Kent, K.M., J.S. Borer, M.V. Green, S.L. Bacharach, C.L. McIntosh, D.M. Conkle, S.E. Epstein :
Effects of coronary artery bypass on global and regional left ventricular function during exercise
N. Engl. J. Med. 298 : 1434-1439 (1978)

37. Klausner, S.C., R.A. Ratshin, J.V. Tyberg, H.A. Lappin, K. Chatterjee, W.W. Parmley :
The similarity of changes in segmental contraction patterns induced by postextrasystolic potentiation and nitroglycerin
Circulation 54 : 615-623 (1976)

38. Kong, Y., V.S. Behar, R.H. Peter, J.J. Morris :
Early effects of aortocoronary bypass surgery on epicardial segment shortening
Circulation 41/42 (Suppl III): III-175 (Abstr.) (1970)

39. Kunkel, B., E. Krause, A. Schoeneberger, P. Satter, M. Kaltenbach :
Aortokoronare Bypassoperation bei stark reduzierter Ventrikelfunktion
Z. Kardiol. 69: 229 (Abstr.) (1980)

40. Lawrie, G.M., G.C. Morris jr., J.F. Howell, T.D. Tredici, D.W. Chapman :
Improved survival after 5 years in 1144 patients after coronary bypass surgery
Am. J. Cardiol. 42 : 709-715 (1978)

41. Lim, Y.L., V. Kalff, M.J. Kelly, P.J. Mason, P.J. Currie, R.W. Harper, S.T. Anderson, J. Federman, G.R. Stirling, A. Pitt :
Radionuclide angiographic assessment of global and segmental left ventricular function at rest and during exercise after coronary artery bypass graft surgery
Circulation 66 : 972-979 (1982)

42. Mancini, G.B.J., C.B. Higgins, S.L. Norris, S.A. Slutsky :
Cardiac imaging with digital subtraction angiography
Cardiovasc. Intervent. Radiol. 6 : 252-262 (1983)

43. Martin, E.C., D. Wixson, H.A. Baltaxe :
Regional ejection fractions in patients with patent and thrombosed grafts after coronary artery vein bypass surgery.
Invest. Radiol. 12 : 205-209 (1977)

44. Massie, B.M., E.H. Botvinick, B.H. Brundage, B. Greenberg, D. Shames, H. Gelberg :
Relationship of regional myocardial perfusion to segmental wall motion. Physiological basis for understanding the presence and the reversibility of asynergy
Circulation 58 : 1154-1163 (1978)

45. Mintz, L.J., N.B. Ingels Jr., G.T. Daughters, E.B. Stinson, E.L. Alderman :
Sequential studies of left ventricular function and wall motion after coronary arterial bypass surgery
Am. J. Cardiol. 45 : 210-216 (1980)

46. Mundth, E.D., J.W. Harthorne, M.J. Buckley, R. Duismore, W.G. Austen jr. :
Direct coronary artery revascularization. Treatment of cardiac failure associated with coronary artery disease
Arch. Surg. 103 : 529-534 (1971)

47. Newman, G.E., S.K. Rerych, R.H. Jones, D.C. Sabiston Jr. :
Noninvasive assessment of the effects of aorto-coronary bypass grafting on ventricular function during rest and exercise
J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 79 : 617-624 (1980)

48. Pohost, G.M., L.M. Zir, R.H. Moore, K.A. McKusick, T.E. Guiney, G.A. Beller :
Differentiation of transiently ischemic from infarcted myocardium by serial imaging after a single dose of thallium-201
Circulation 55 : 294-302 (1977)

49. Popio, K.A., R. Gorlin, D. Bechtel, J.A. Levine :
Postextrasystolic potentiation as a predictor of potential myocardial viability : preoperative analyses compared with studies after coronary bypass surgery
Am. J. Cardiol. 39 : 944-953 (1977)

50. Ratner, A.V., R.D. Okada, T.J. Brady :
Nuclear magnetic resonance imaging of the heart
Sem. Nuc. Med. 13 : 339-346 (1983)

51. Rees, G., J.D. Bristow, E.L. Kremkau, G.S. Green, R.H. Herr, H.E. Griswold, A. Starr :
Influence of aortocoronary bypass surgery on left ventricular performance
N. Engl. J. Med. 284 : 1116-1120 (1971)

52. Reifart, N., M. Zierler, A. Taylor, S. Khuri, M. Kaltenbach : Einfluss wiederholter kurzfristiger Ischämien auf den intramyokardialen Metabolismus und die regionale linksventrikuläre Funktion
Z.Kardiol. 71 : 604 (Abstract) (1982)

53. Ritchie, J.L., P.C. Albro, J.H. Caldwell, G.B. Trobaugh, G.W. Hamilton :
Thallium-201 myocardial imaging: A comparison of the redistribution and rest images
J. Nucl. Med. 20 : 477-483 (1979)

54. Roberts, A.J., S.M. Spies, J.H. Sanders, J.M. Moran, C.J. Wilkinson, P.R. Lichtenthal, R.L. White, L.L. Michaelis :
Serial assessment of left ventricular performance following coronary artery bypass grafting. Early postoperative results with myocardial protection afforded by multidose hypothermic potassium crystalloid cardioplegia.
J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 81 : 69-84 (1981)

55. Roskam, H., M. Schmutziger, P. Stuerzenhofecker, J. Petersen, L. Goernandt, M. Reichelt, H. Huesman, P. Betz, M. Spinder, K. Heidecker, A. Weisswange, C. Gohlke-Baerwolf, H. Gohlke, L. Samek, K. Schnellbacher, P. Bubenheimer :
Bestimmt die Vollständigkeit der Revaskularisation die

funktionelle Verbesserung und die Ueberlebensdaten koronaroperierter Patienten? Ergebnisse von 1000 konsekutiv operierten Patienten.
Z. Kardiol. 70 : 590-599 (1981)

56. Ross, R.S. :
Ischemic heart disease : an overview
Am. J. Cardiol. 36 : 496-505 (1975)

57. Rozansky, A., D.S. Berman, R. Gray, R. Levy, M. Raymond, J. Maddahi, N. Pantaleo, A.D. Waxman, H.J.C. Swan, J. Mattloff: Use of thallium-201 redistribution scintigraphy in the preoperative differentiation of reversible and nonreversible myocardial asynergy
Circulation 64 : 936-944 (1981)

58. Rubenson, D.S., C.R. Tucker, E. London, D.C. Miller, E.B. Stinson, R.L. Popp :
Two-dimensional echocardiographic analysis of segmental left ventricular wall motion before and after coronary bypass surgery
Circulation 66 : 1025-1033 (1982)

59. Schicha, H., D. Emrich :
Aussagefähigkeit der Myokardszintigraphie mit ^{201}-Thallium zur Beurteilung der Ergebnisse nach aortokoronarer Bypassoperation. In: Kardiovaskuläre Nuklearmedizin, Hrsg. G. Hör, R. Felix.
Schnetztor-Verlag Konstanz: 83-91 (1981)

60. Schwartz, J.S., R. Ponto, P. Carlyle, L. Forstrom, J.N. Cohn: Early redistribution of thallium-201 after temporary ischemia Circulation 57 : 332-335 (1978)

61. Siderys, H., J.N. Pittmann, G. Herod : Coronary artery surgery in patients with impaired left ventricular function Chest 61 : 482 (1972)

62. Spencer, F.C., G.E. Green, D.A. Tice, E. Wallsh, N.L. Mills, E. Glassmann : Coronary artery bypass grafts for congestive heart failure J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 62 : 529-542 (1971)

63. Stadius, M., J.H. McAnulty, J. Cutler, J. Roesch, S.H. Rahintoola : Specifity, sensitivity and accuracy of the nitroglycerin ventriculogram as a predictor of surgically reversible wall motion abnormalities Am. J. Cardiol. 45 : 399 (Abstr.) (1980)

64. Standke, R., G. Hör : Sektoranalyse der myokardialen 201-Thallium-Redistributions-kinetik Nuc. Compact 11 : 249-255 (1980)

65. Standke, R., G. Hör, F.-D. Maul : Fully automated sectorial equilibrium radionuclide ventriculography: Proposal of a method for routine use (exercise and follow up) Eur. J. Nucl. Med. 8 : 77-83 (1983)

66. Standke, R., G. Hör, F.-D. Maul :
Ventrikel- und Myokardszintigraphie. Methodische Grundlagen.
Therapiewoche 32 : 6330-6341 (1982)

67. Strauss, H.W., K. Harrison, J.K. Langan, E. Lebowitz, B. Pitt :
Thallium-201 for myocardial imaging: Relation of thallium-201 to regional myocardial perfusion
Circulation 51 : 641-645 (1975)

68. Taylor, N.C., R.W. Barber, P. Crossland, T.A.H. English, E.P. Wraight, M.C. Petch :
Effects of coronary artery bypass grafting on left ventricular function assessed by multiple gated ventricular scintigraphy
Br. Heart J. 50 : 149-156 (1983)

69. Tennant, R., C.J. Wiggers :
Effect of coronary occlusion on myocardial contraction
Am. J. Physiol. 112 : 351 (1935)

70. Thormann, J., M. Schlepper, M. Gottwick, W.D. Johnson, W. Kramer, M. Kindler, H. Bahawar :
Komplette Revaskularisationschirurgie bei Koronarkranken mit stark reduzierter Funktion des linken Ventrikels
Dtsch. med. Wschr. 108 : 1746-1752 (1983)

71. Trevi, G.P., J. Sheiban, D. Casarotto, P. Benussi, A. Marini: Effetto della rivascolarizzazione miocardia sulla funzione meccanica globale e regionale del ventricolo sinistro
Giorn. di Emodinam. 2 : 57-66 (1982)

72. Van Swieten, H., C. Ascoop, O. Alfieri :
Late left ventricular function at rest after extensive myocardial revascularization
Giorn. di Emodinam. 2 : 41-44 (1982)

73. Vliestra, R.E., J.L. Assad-Morell, R.L. Frye, L.R. Elveback, D.C. Cornolly, E.L. Ritman, J.R. Pluth, D.A. Barnhorst, G.K. Danielson, R.B. Wallace :
Survival predictors in coronary artery disease. Medical and surgical comparisons.
Mayo Clin. Proc. 52 : 85-90 (1977)

74. Wackers, F.J.T., K.I. Lie, K.L. Liem, E.B. Sokole, G. Samson, J.B. van der Schoot, D. Durrer :
Thallium-201 scintigraphy in unstable angina pectoris
Circulation 57 : 738-742 (1978)

75. Wolf, N.M., T.H. Kreulen, H.A. Bove, M.T. McDonough, K.M. Kessler, M. Strong, G. Le Mole, J.F. Spann :
Left ventricular function following coronary bypass surgery
Circulation 58 : 63-70 (1978)

76. Zir, L.M., R. Dinsmore, M. Vexeridis, J.B. Shing, J.W. Harthorne, W.M. Daggett :
Effects of coronary bypass grafting on resting left ventricular contraction in patients studied 1 to 2 years after operation
Am. J. Cardiol. 44 : 601-606 (1979)

77. Zubiate, P., J.H. Kay, A.M. Mendez :
Myocardial revascularization for the patient with drastic impairment of the function of the left ventricle
J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 73 : 84-86 (1976)

L E B E N S L A U F

Am 14.5.1954 wurde ich als Sohn des Buchhalters Heinrich Mützel und seiner Ehefrau Irma Mützel, geb. Bopp in Sailauf, Kreis Aschaffenburg, geboren.

Nach unserem Umzug besuchte ich von 1960-1966 die Volksschule Feldkahl-Rottenberg/Kreis Aschaffenburg.

1966 wechselte ich zur Staatlichen Realschule für Knaben und Mädchen Aschaffenburg über, wo ich 1970 die mittlere Reifeprüfung ablegte.

Von August 1970 bis April 1978 war ich als Angestellter im mittleren Fernmeldedienst beim Fernmeldeamt 1 in Frankfurt/Main beschäftigt.

Gleichzeitig besuchte ich von Januar 1974 bis Juni 1977 das Abendgymnasium für Berufstätige in Neu-Isenburg mit dem Abschluß der allgemeinen Hochschulreife.

Zum Sommersemester 1978 erhielt ich die Zulassung zum Studienfach Humanmedizin an der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt.

Die Ärztliche Vorprüfung bestand ich im März 1980, den Ersten Abschnitt der Ärztlichen Prüfung im August 1981 und den Zweiten Abschnitt der Ärztlichen Prüfung im März 1983.

Seit Oktober 1983 leiste ich das "Praktische Jahr" am Stadtkrankenhaus Hanau. Mein Wahlpflichtfach ist Anästhesie. Im Oktober 1984 werde ich voraussichtlich den dritten Abschnitt der Ärztlichen Prüfung absolvieren.

Seit März 1984 bin ich mit Frau Annette Mützel, geborene Eisert, verheiratet.

E H R E N W Ö R T L I C H E E R K L Ä R U N G

Ich erkläre ehrenwörtlich, daß ich die im Fachbereich Humanmedizin der Universität Frankfurt am Main zur Promotionsprüfung eingereichte Arbeit mit dem Titel:

> Einfluß der aortokoronaren Bypassoperation auf die linksventrikuläre Funktion in Ruhe bei Patienten mit erheblich eingeschränkter Auswurffraktion. Beziehung zwischen Ausmaß der präoperativen Ischämie und Operationserfolg

im Zentrum der Chirurgie in der Abteilung für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie unter der Leitung von Prof. Dr. med. P. Satter mit Unterstützung durch Dr. med. N. Reifart (Zentrum der Inneren Medizin, Abteilung für Kardiologie, Leiter: Prof. Dr.med. M.Kaltenbach) und Dr. med. F.D Maul (Zentrum der Radiologie, Abteilung für Allgemeine Nuklearmedizin, Leiter: Prof. Dr. med. G. Hör) ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als die in der Dissertation aufgeführten Hilfsmittel benutzt habe.

Ich habe bisher an keiner in- und ausländischen Medizinischen Fakultät bzw. Fachbereich Humanmedizin ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht, noch die vorliegende Arbeit als Dissertation vorgelegt.

Frankfurt am Main, im Juli 1984

Druck und Verarbeitung: copy shop, darmstadt, tel. 21353